

ENTRETIEN HIVERNAL DE LA PISTE MULTIFONCTIONNELLE DU PONT JACQUES-CARTIER À MONTRÉAL

O. MOUSSA & J. TANG HON YUE

Arup Canada Inc.

omar.moussa@arup.com

M. SIDIBÉ, D. JACOB & E. CHÊNEVERT

Les Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée

msidibe@pjcci.ca

RÉSUMÉ

La demande d'implanter un lien de transport multifonctionnel sécuritaire entre Montréal et la rive sud (Longueuil) et ouvert aux piétons et aux cyclistes toute l'année n'a cessé de s'accroître au cours des dernières années, et ce, à l'ère où nombre de villes et de municipalités du monde entier favorisent de plus en plus la mise en œuvre d'un régime routier plus inclusif et une transition vers des modes de transport actifs et collectifs. À ce titre, La Société des Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI) avec le support d'Arup a réalisé, au cours des dernières années, une série d'études préliminaires et de simulations sur site visant l'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle et du trottoir du pont Jacques-Cartier à l'aide de méthodes conventionnelles et novatrices de déneigement. L'entretien de cette piste pose des défis uniques en raison des conditions météorologiques sur le fleuve Saint-Laurent, des restrictions environnementales et physiques associées au déneigement, et des caractéristiques particulières de la piste multifonctionnelle, notamment la géométrie, les pentes et l'absence de pavage ou de membranes d'étanchéité sur le tablier en béton. Le projet visait ainsi à évaluer la faisabilité de l'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle du pont Jacques-Cartier, notamment en validant les besoins et les tendances des usagers, en établissant les différents scénarios d'entretien hivernal et les critères de performances associés, et en effectuant les études pertinentes d'impact et de risques. Lors des simulations sur site, on a évalué l'efficacité et l'impact du déneigement à l'aide d'équipements conventionnels adaptés aux conditions de la piste multifonctionnelle. On a, en outre, testé différents produits de déglacage de composition chimique ou biologique, sous forme liquide ou de granules, plus particulièrement des produits dérivés de betteraves. D'autres solutions plus novatrices impliquant différentes surfaces chauffantes (membranes et tapis chauffants) ont également été explorées et testées. L'impact de ces diverses options sur l'environnement avoisinant, la durabilité de la structure du pont et l'adhérence de la surface de roulement a été analysé à l'aide d'une approche intégrée. Ces analyses et simulations ont permis de mieux saisir les enjeux et les risques associés à l'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle et ont orienté la décision d'ouvrir ou non la piste et le trottoir durant l'hiver. Un protocole opérationnel rigoureux et exhaustif a été élaboré afin d'assurer la sécurité des usagers et un niveau de service adéquat au moyen de communications, de logistiques et d'opérations hautement efficaces.

1. INTRODUCTION

Le pont Jacques-Cartier est une structure majeure enjambant le fleuve Saint-Laurent sur une distance de 2,8 km et reliant l'île de Montréal à Longueuil sur la rive sud. À la fin d'avril 2015, La Société des Ponts Jacques Cartier et Champlain Incorporée (PJCCI) a installé des compteurs de piétons et de cyclistes sur la piste multifonctionnelle afin d'étudier la demande

de service grandissante, surtout durant les mois d'opération. Les données récoltées ont permis d'évaluer la répartition du trafic par jour, par semaine et par mois. À ce titre, les données des compteurs de PJCCI et de la Ville de Montréal (pour les mois d'hiver) confirment une demande croissante pour la pratique du vélo en hiver et la nécessité d'hiverner les zones urbaines (Figure 1).

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%

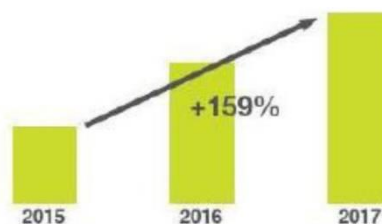
des cyclistes d'hiver ont
pédalé le jour le plus froid
de l'hiver dernier (-24C)



>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 1 - Données Éco-compteur pour la Ville de Montréal, 2017 ¹

1.1. Enjeux et risques

Compte tenu de son emplacement clé reliant l'île de Montréal à la banlieue densément peuplée de Longueuil, le pont Jacques-Cartier est considéré comme le plus achalandé de Montréal d'un point de vue de la mobilité active (400 000 cyclistes l'empruntent durant les mois d'avril à décembre). La majorité des cyclistes l'empruntent pour leurs déplacements au travail plutôt que pour leurs loisirs. Ainsi, la fréquentation de la piste multifonctionnelle en hiver sera portée à augmenter dans le futur. Le pont est également considéré comme l'option la plus viable, voire la seule, pour se déplacer durant les heures de pointe. La géométrie de la piste bidirectionnelle multifonctionnelle est très particulière. Sa longueur de 2,8 km, ses pentes de 4%-5% sur l'ensemble de sa longueur et sa largeur de 2,5 m pourraient facilement décourager les cyclistes, sans compter qu'une telle configuration représente un enjeu pour les opérations de déneigement et des risques pour la sécurité des usagers, particulièrement en hiver. En outre, d'autres enjeux et risques pourraient poser d'importants problèmes pour les opérations de déneigement et les communications avec les usagers, notamment la variabilité des conditions météorologiques (Figure 2), la difficulté à fournir des prévisions météorologiques précises (par ex. quantité de chutes de neige), les effets du vent à des hauteurs élevées ou le microclimat sur le pont.

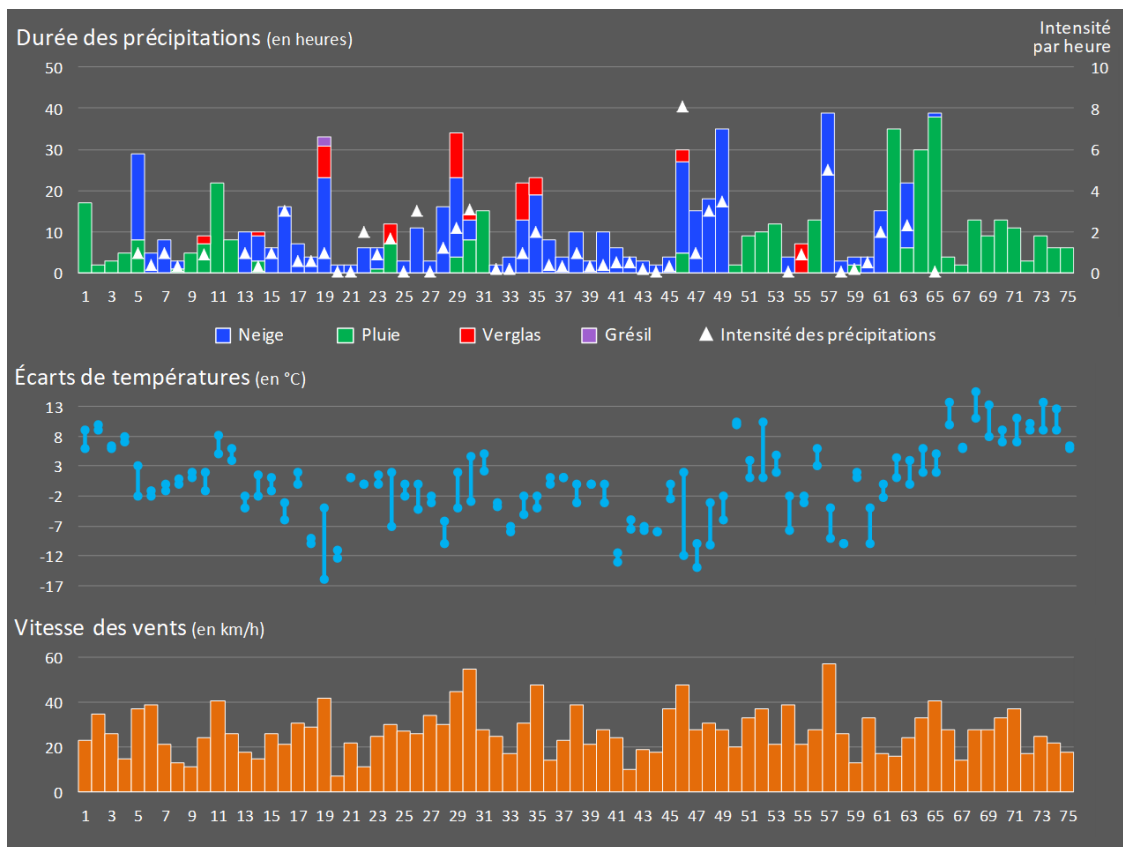


Figure 2 - Variabilité des conditions météorologiques hivernales

1.2. Planification et mise en œuvre du projet

Afin de mitiger et de contrôler les principaux risques et enjeux, PJCCI a mené une série d'études et d'analyses – y compris des essais sur site – avant de statuer sur l'ouverture de la piste multifonctionnelle et du trottoir du pont Jacques-Cartier en hiver. Le projet a été réalisé en deux phases.

1.2.1 Phase 1: *Projet pilote (2017–2019)*

Le projet pilote a été mis en œuvre de 2017 à 2019 dans le but d'évaluer les diverses options d'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle. Il comprenait notamment des simulations sur site de déneigement en circuit fermé (sans la présence de cyclistes sur le pont) à l'aide de méthodes conventionnelles et de systèmes chauffants novateurs. On a également réalisé une analyse des risques et de coûts associés et une évaluation des impacts sur la durabilité de la structure du pont et sur l'environnement. Au terme de cette phase et à la suite d'une analyse multicritère, l'équipe d'Arup a été en mesure de mettre de l'avant une solution privilégiée comme indiqué ci-après.

1.2.2. Phase 2.1: *Tests en circuit fermé (2019–2020)*

PJCCI a décidé d'élargir la solution privilégiée en menant des tests additionnels en présence de cyclistes. À ce titre, PJCCI a recueilli les commentaires de 30 cyclistes volontaires afin de traiter les enjeux de logistique et de communication. On a ensuite procédé à des analyses plus poussées sur les risques identifiés lors de la Phase 1, plus particulièrement ceux touchant l'impact sur la durabilité de la structure du pont et sur l'environnement.

1.2.3 Phase 2.2: Mise en œuvre des mesures de mitigation (2020-2022)

Cette phase visait l'installation de nouvelles infrastructures dans le cadre de la mise en œuvre des mesures de mitigation et d'amélioration recommandées pour la piste multifonctionnelle. L'objectif étant d'assurer la sécurité des usagers et d'améliorer les communications à la fois avec les usagers et les opérations de déneigement.

2. OPTIONS COUVERTES DANS LE CADRE DU PROJET

2.1. Méthodes conventionnelles de déneigement

Des méthodes conventionnelles de déneigement prenant en compte les enjeux associés à la géométrie des points d'accès à la piste multifonctionnelle ont été testées sur le pont. On a ainsi mené diverses opérations de déneigement à l'aide d'une déneigeuse, d'une souffleuse et d'un balai rotatif – ou d'une combinaison de ces méthodes – selon la quantité et le type de neige. 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. Les résultats des tests de déneigement effectués durant les Phases 1 et 2 ont donné lieu à un protocole d'entretien hivernal (Figure 3, à droite) destiné à orienter les décisions durant les opérations hivernales sous différentes conditions météorologiques. Diverses recommandations ont été formulées relativement aux opérations de déneigement, à la logistique, aux communications et à l'inspection de la piste multifonctionnelle avant, pendant et après le déneigement.

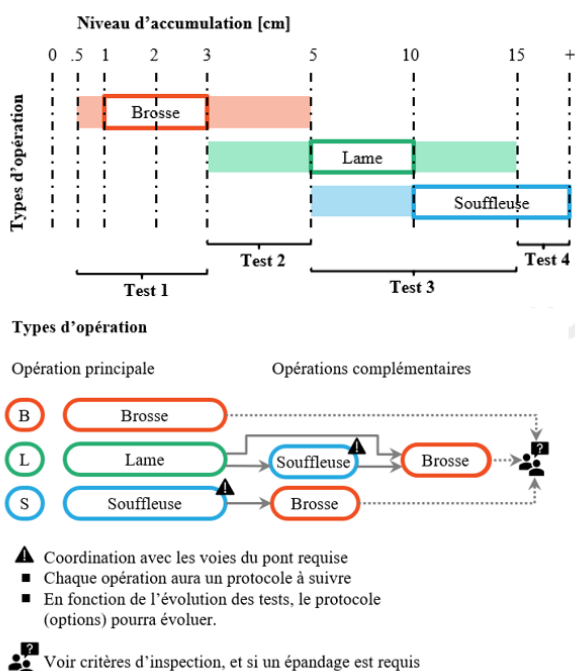


Figure 3 - Planification des opérations hivernales en fonction de la quantité et du type de neige

2.2. Systèmes chauffants

PJCCI cherchait une solution novatrice pour opérer la piste multifonctionnelle en hiver. Diverses technologies chauffantes ont été considérées, notamment des technologies hydroniques, du béton conducteur et des systèmes dotés de fils, de membranes ou de tapis chauffants. On a retenu deux technologies pour les essais sur site de la Phase 1 du projet

(Figure 4) : l'une avec une membrane et l'autre avec un tapis. Une attention particulière a été accordée aux contraintes spécifiques du pont Jacques-Cartier, surtout en ce qui a trait aux aspects suivants : effets thermiques générés par l'activation des systèmes, poids additionnel et capacité portante de la structure, épaisseur additionnelle des plaques chauffantes par rapport au dégagement vertical de la structure du pont, points d'ancrage et joints de dilatation, et drainage de l'eau de fonte. À ce jour, très peu de ponts de cette dimension disposent de tels systèmes. On a utilisé une caméra infrarouge pour enregistrer les différentes températures sur ces surfaces en plus de réaliser une analyse qualitative à cet égard. En règle générale, la performance de ces deux systèmes s'est avérée satisfaisante. Cependant, on a remarqué que la température de la surface devait être extrêmement élevée pour faire fondre la neige dans des conditions extrêmes (par ex., chute et accumulation importantes de neige). Ceci supposerait une consommation importante d'électricité. En outre, les coûts associés à de tels systèmes seraient plus élevés que ceux des autres méthodes pour une piste de la longueur de celle du pont Jacques-Cartier.

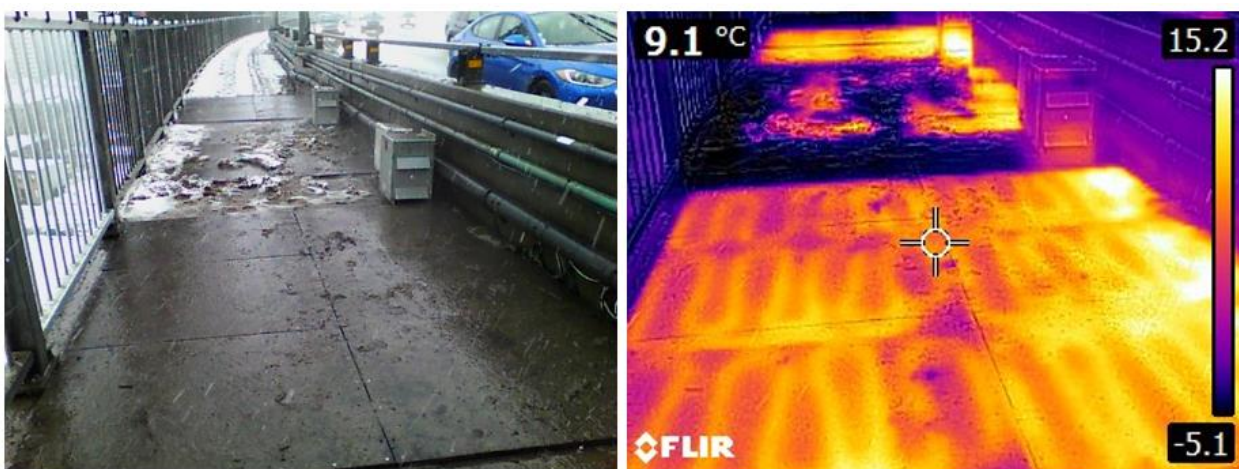


Figure 4 - Surfaces chauffantes testées dans le cadre du projet pilote

2.3. Solutions à long terme

Outre les méthodes conventionnelles de déneigement et les systèmes chauffants novateurs explorés dans les sections 2.1 et 2.2, des solutions à long terme – incluant notamment le recouvrement et l'élargissement de la piste – ont été prises en compte. L'objectif étant de valider et d'harmoniser la vision actuelle avec celle du futur, et d'assurer la rentabilité des solutions à court terme.

3. IMPACTS DES OPÉRATIONS D'ENTRETIEN HIVERNAL

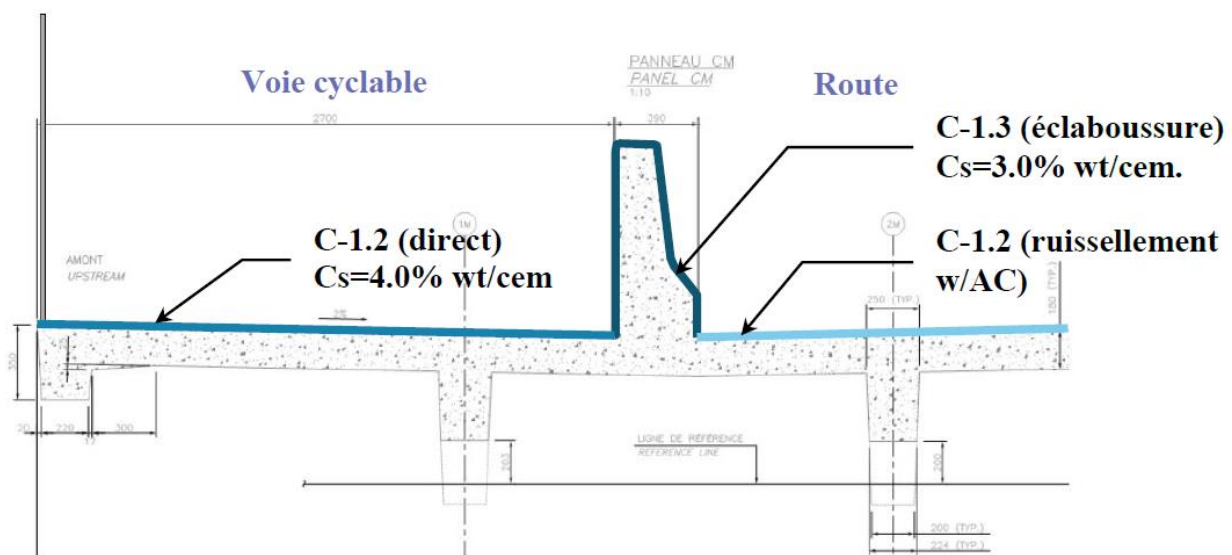
Outre l'évaluation de la faisabilité des différentes options, il convenait de prendre en compte leurs différents impacts et d'évaluer les opérations d'entretien hivernal dans leur ensemble. Les principaux impacts concernaient la durabilité de la structure existante, l'environnement et la qualité de la surface de roulement d'un point de vue de la sécurité des usagers.

3.1. Durabilité de la structure existante

La piste multifonctionnelle fait partie intégrante du tablier routier du pont et est composée d'une dalle en béton sur poutre en acier. Un garde-corps en béton sépare la voie cyclable de la route, comme le montre la figure ci-dessous. Aucune couche de protection et aucun pavage n'a été installé sur la dalle de la piste au moment du remplacement du tablier 15 ans

avant l'amorce du projet d'entretien hivernal. Ainsi, l'épandage de produits de déglacage sur le béton pourrait représenter un risque pour la durabilité de la structure, particulièrement à long terme. Par conséquent, des analyses qualitatives et quantitatives de durabilité ont été effectuées afin d'évaluer les risques posés par l'utilisation de produits de déglacage. L'analyse qualitative comprenait notamment l'évaluation de l'impact des produits de déglacage sur la dalle, plus particulièrement la réaction alcalis-granulats (RAG) et l'attaque chimique. Onze (11) produits de déglacage de composition chimique ou biologique ont fait l'objet d'une évaluation afin de tester leur efficacité et leur impact sur la durabilité de la structure existante. Parmi ces composants, notons des dérivés de maïs ou de betteraves, ou des produits à base de chlorure de sodium (sel de gemme et saumure), de chlorure de calcium et de magnésium. En considérant les effets des produits à base de sel (calcium) et de chlorure de magnésium sur la durabilité de la structure, il appert que les produits à composition biologique sont privilégiés à des températures moyennes et basses. Les produits de composition chimique pourraient être utilisés en petite quantité et combinés à du chlorure de sodium pour assurer un déglacage efficace à des basses températures extrêmes.

L'analyse quantitative concernait plus particulièrement la corrosion des barres d'armature du béton en fonction de différentes conditions d'exposition (voir la Figure 5). Cette analyse a été réalisée 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*. Il a été démontré que les probabilités d'initiation de la corrosion dépassant 10% pourraient survenir d'ici 50 ans (cycle de vie lors de la conception) à 75 ans. En outre, les surfaces verticales pourraient être assujetties à plus de corrosion que les surfaces horizontales, plus particulièrement en raison de leur exposition à des cycles continus de temps sec/humide.



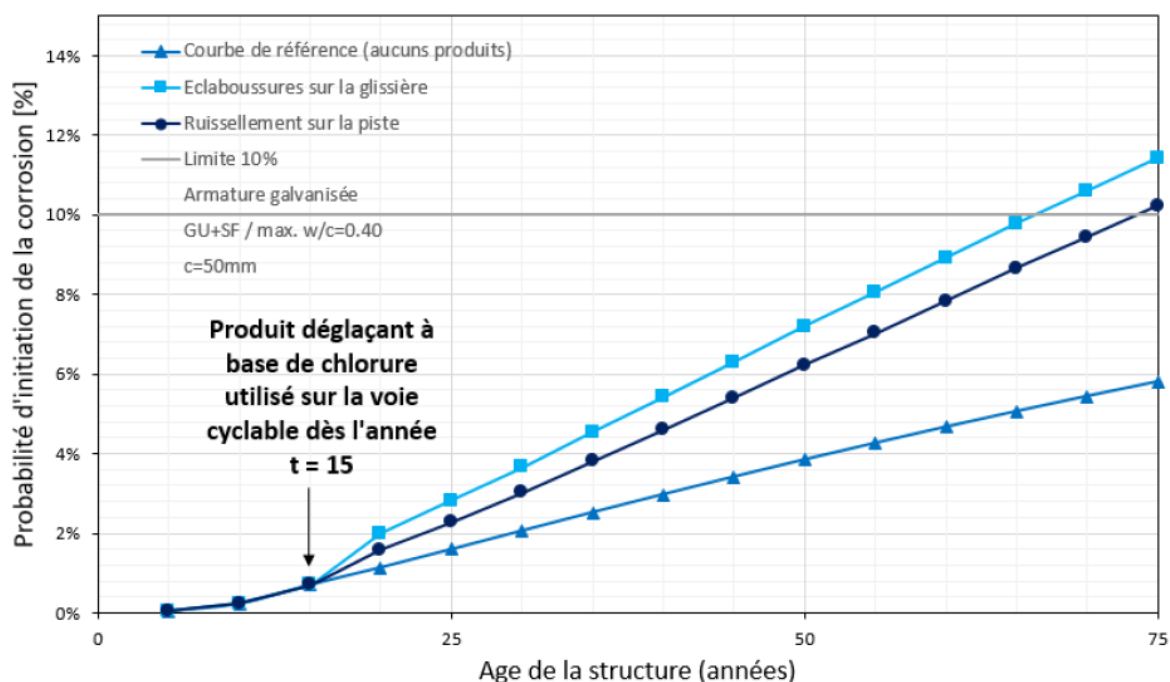


Figure 5 - Analyse de durabilité de la structure et probabilité d'initiation de la corrosion (graphique du bas) en fonction de différentes conditions d'exposition (graphique du haut)

3.2. Qualité de la surface

L'un des enjeux majeurs concerne la qualité de la surface de la piste multifonctionnelle suivant les opérations de déneigement et l'épandage de produits de déglacage, surtout les produits biologiques privilégiés par PJCCI. La Figure 6 (à gauche) montre la surface de la piste avant et après les opérations de déneigement et l'épandage de produits de déglacage. L'évaluation a permis de conclure que la surface demeurerait sécuritaire quelques heures après le déneigement. Considérant l'accumulation de neige de part et d'autre de la piste, la largeur libre obtenue est entre 1,5 et 1,8 m en hiver comparativement à 2,3 à 2,4 m l'été.



Figure 6 - Surface de la piste avant et après les opérations de déneigement et l'épandage de produits de déglacage

On a eu recours à la méthode du pendule britannique pour tester l'adhérence. La Figure 7 montre le dispositif utilisé pour tester la résistance de la piste multifonctionnelle au dérapage. Les données d'adhérence ont été prélevées à différents moments sur la largeur de la piste et aux mêmes emplacements afin d'établir adéquatement le coefficient de frottement moyen représentatif de la surface de la piste multifonctionnelle. Les données ont été colligées, adaptées et interprétées conformément à la norme ASTM E303-93. La calibration des résultats des tests d'adhérence réalisés à l'aide du pendule britannique a eu lieu au printemps 2018 sur une piste sèche afin de permettre une comparaison quantitative de ceux-ci avec les valeurs initiales. Le coefficient moyen de frottement obtenu de 0,49 a été comparé aux valeurs recommandées en vertu de différents codes et règlements^{2,3}. Ceci a permis d'assurer la sécurité de la surface suivant les opérations de déneigement et l'épandage de produits de déglacage.



Figure 7 - Tests d'adhérence à l'aide du pendule britannique

3.3. Impacts sur l'environnement

Durant la Phase 1 du projet et suivant la revue réglementaire des dispositions provinciales et fédérales en matière de rejet de la neige dans un cours d'eau, on a évalué les impacts associés au rejet de la neige usée dans le fleuve. Cette évaluation visait onze (11) produits de déglacage de composition biologique ou non biologique et a été réalisée à l'aide d'une matrice décisionnelle avec pondération numérique. Cet outil a associé les produits de déglacage à leurs impacts environnementaux potentiels, à savoir la salinisation, la consommation d'oxygène, la toxicité, la bioaccumulation, la persistance, la biodégradation et l'eutrophisation. Les critères d'évaluation reposaient sur les principaux effets délétères des produits de déglacage sur le milieu aquatique. Ce processus a permis de dresser une liste des produits de déglacage privilégiés en remplacement du sel conventionnel. On a ensuite retenu quatre (4) produits de cette liste, incluant le sel conventionnel comme produit de référence, et on a ajusté les valeurs selon le taux d'application nécessaire pour faire fondre la neige. Ce taux indique l'efficacité du produit de déglacage à faire fondre la neige (voir la Figure 8).

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

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

Figure 8 - Résultats de l'évaluation des impacts sur l'environnement

4. ÉVALUATION DES OPTIONS

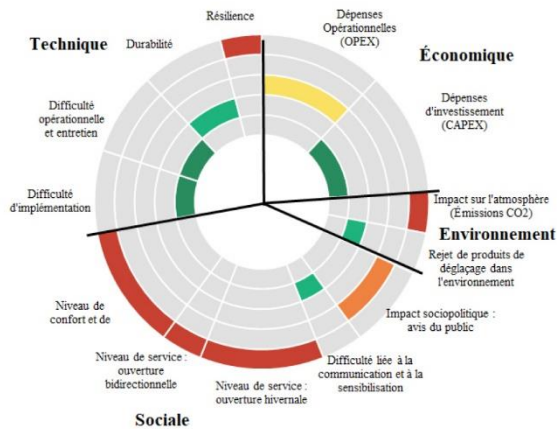
4.1. Analyse multicritère

À la suite des évaluations et des tests, les différentes options ont été comparées de façon détaillée. Les résultats ont été transposés sous forme de tableaux graphiques illustrant la performance des options proposées par rapport aux différents volets de développement durable : économique, social, environnemental et en ajoutant la faisabilité technique (voir la Figure 9). Toutes les solutions ont également été comparées à un scénario du maintien du statu quo (la fermeture de la piste multifonctionnelle durant l'hiver). Les points forts et les points faibles de chacune des options ont été soulevés afin de favoriser une prise de décision éclairée. Des codes de couleurs et des bandes de largeurs variées ont servi à mettre en relief le pointage et l'importance de chacun des critères.

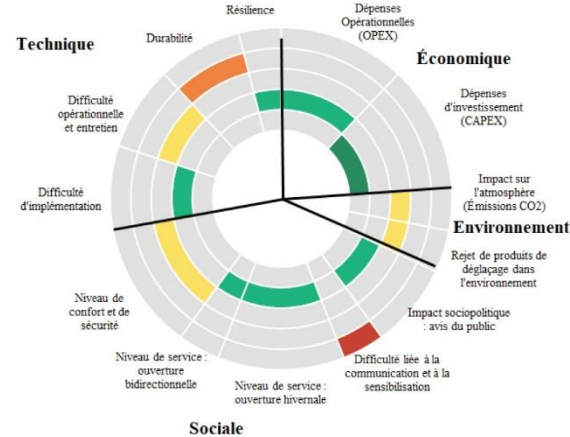
Figure 9 - Résultats de l'analyse multicritère pour les options envisagées

SPeAR® (Sustainable Project Appraisal Routine)-inspired decision making

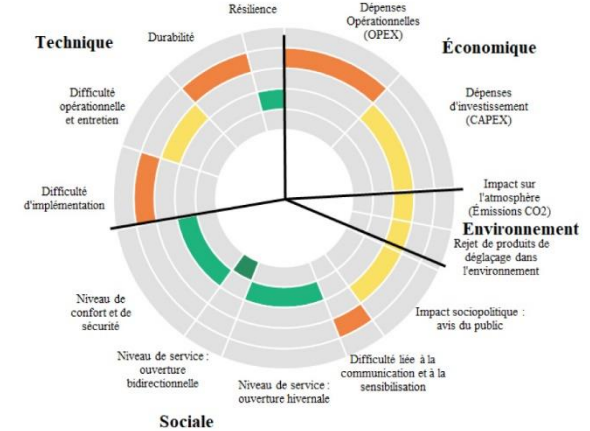
Option 1 - Statu Quo



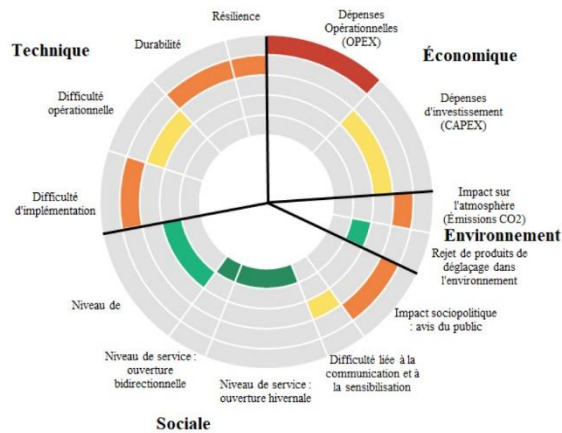
Option 2 - Dénégement conventionnel



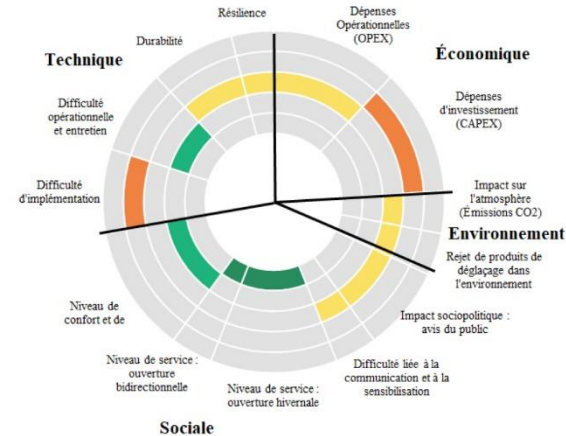
Option 3 - Système combiné



Option 4 - Système de chauffage uniquement



Option 5 - Option à long terme : toiture



Les résultats du projet ont également été évalués en fonction des objectifs de développement durable (ODD) de l'ONU. Le but étant de souligner l'approche intégrée adoptée et d'identifier les secteurs aux valeurs élevées en matière de gestion globale du développement durable dans le cadre des opérations d'une infrastructure et de la mise en œuvre de ces objectifs (voir la Figure 10).

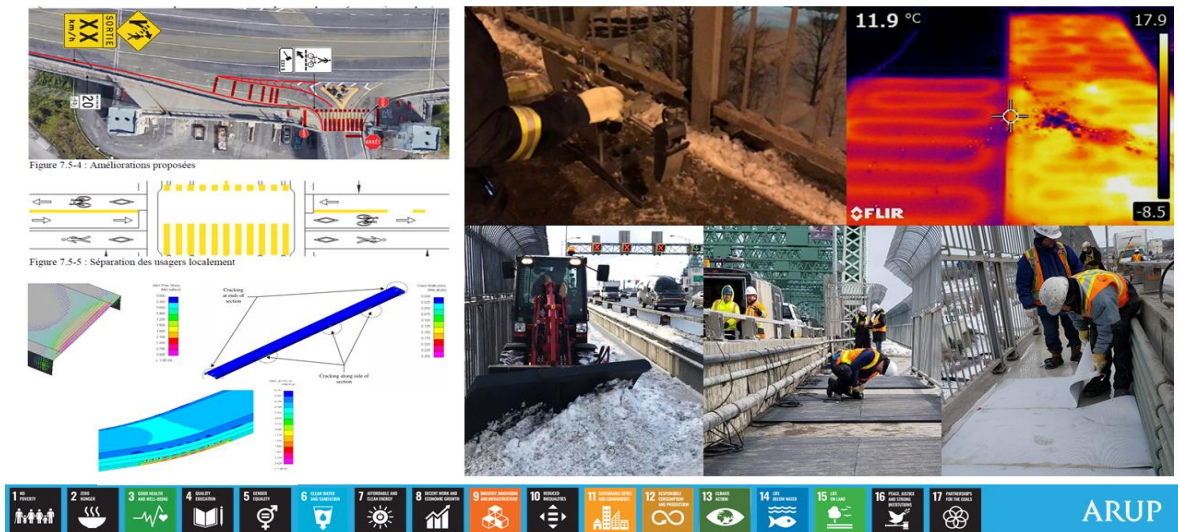


Figure 10 - Résultats des opérations en fonction des ODD de l'ONU

4.2. Analyse des risques

Dans le cadre de ce projet, une analyse des risques a été menée afin de prioriser les décisions et les mesures à entreprendre dans l'éventualité d'une ouverture de la piste multifonctionnelle l'hiver. Cette analyse présente une liste non exhaustive des risques, des enjeux et des opportunités associés à l'ouverture de la piste multifonctionnelle. Conjointe à l'analyse multicritère, cette analyse permet d'appuyer le processus décisionnel.

Les événements (risques ou enjeux) identifiés dans le cadre de ce projet ont été regroupés en différentes catégories, notamment la durabilité structurale, la sécurité, l'utilisation de la piste, l'entretien hivernal et l'impact environnemental. Ces enjeux ont été évalués en fonction de leur gravité et de leur probabilité d'occurrence.

5. OUVERTURE DE LA PISTE MULTIFONCTIONNELLE EN HIVER

5.1. Solution privilégiée

À la suite des différentes analyses, des simulations sur site et de l'expertise acquise au cours des Phases 1 et 2.1 du projet, il a été conclu que la méthode conventionnelle de déneigement constituerait la solution privilégiée à court terme. Une solution à long terme devrait faire l'objet d'analyses plus poussées.

Les Phases 1 et 2.1 ont donné lieu aux principales observations qui suivent :

- La largeur libre maximale de la piste multifonctionnelle bidirectionnelle obtenue après le déneigement lors du projet pilote est d'environ 1,8 m.
- Même si elle demeure acceptable dans la plupart des conditions, la qualité de la surface pourrait varier selon le type d'équipement, la séquence des opérations et les produits de déglacage.

- Les tests d'adhérence réalisés à l'aide du pendule britannique révèlent que le coefficient de frottement varie selon le type de produit appliqué et qu'une telle adhérence varie de « satisfaisante » à « très bonne » selon la charte du ministère des Transports (MTQ)⁴.
- Certains enjeux opérationnels ont été soulevés en ce qui concerne la coordination du déneigement de la piste et des voies de circulation adjacentes et le déneigement spécifique de la section 7 du pont (au-dessus du fleuve Saint-Laurent) du fait que cette section est enclavée entre des barrières dissuasives, rendant ainsi difficile de pousser la neige sur les côtés ou sur les voies de circulation avoisinantes.

5.2. Protocole d'opérations et de communication

Durant les opérations hivernales et dès les premières phases du projet, on a récolté et analysé une série de données afin de permettre l'amélioration continue des opérations hivernales et des communications (voir la Figure 11). Un protocole intégré d'entretien, de surveillance et de communication a été élaboré afin d'assurer la réussite des opérations et la gestion efficace des risques. Ce protocole vise non seulement les décisions relatives au type et à la fréquence des opérations de déneigement (voir la Figure 3), mais également l'ensemble du processus logistique, notamment les prévisions météorologiques, les opérations et les communications avec les usagers.

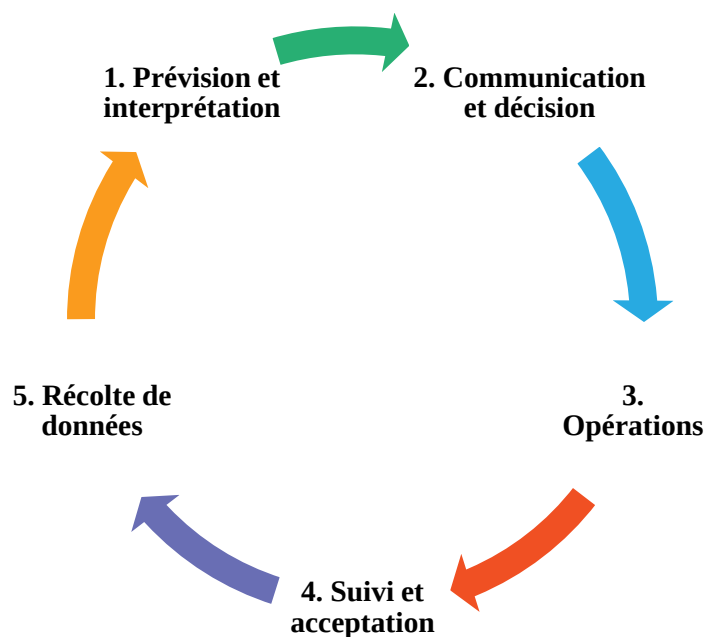


Figure 11 - Étapes générales du protocole intégré d'opération et de communication

5.2.1 Opérations de déneigement et processus décisionnel

Le type et la fréquence des opérations de déneigement (déneigeuse, souffleuse, brosse, etc.) et le taux d'épandage de produits de déglacage font tous partie du protocole intégré afin d'orienter l'opérateur, d'assurer des conditions sécuritaires et de minimiser les impacts négatifs associés aux opérations (voir la Figure 12). Ces directives prennent en compte les

conditions météorologiques avant et pendant les opérations ainsi que la condition des surfaces.

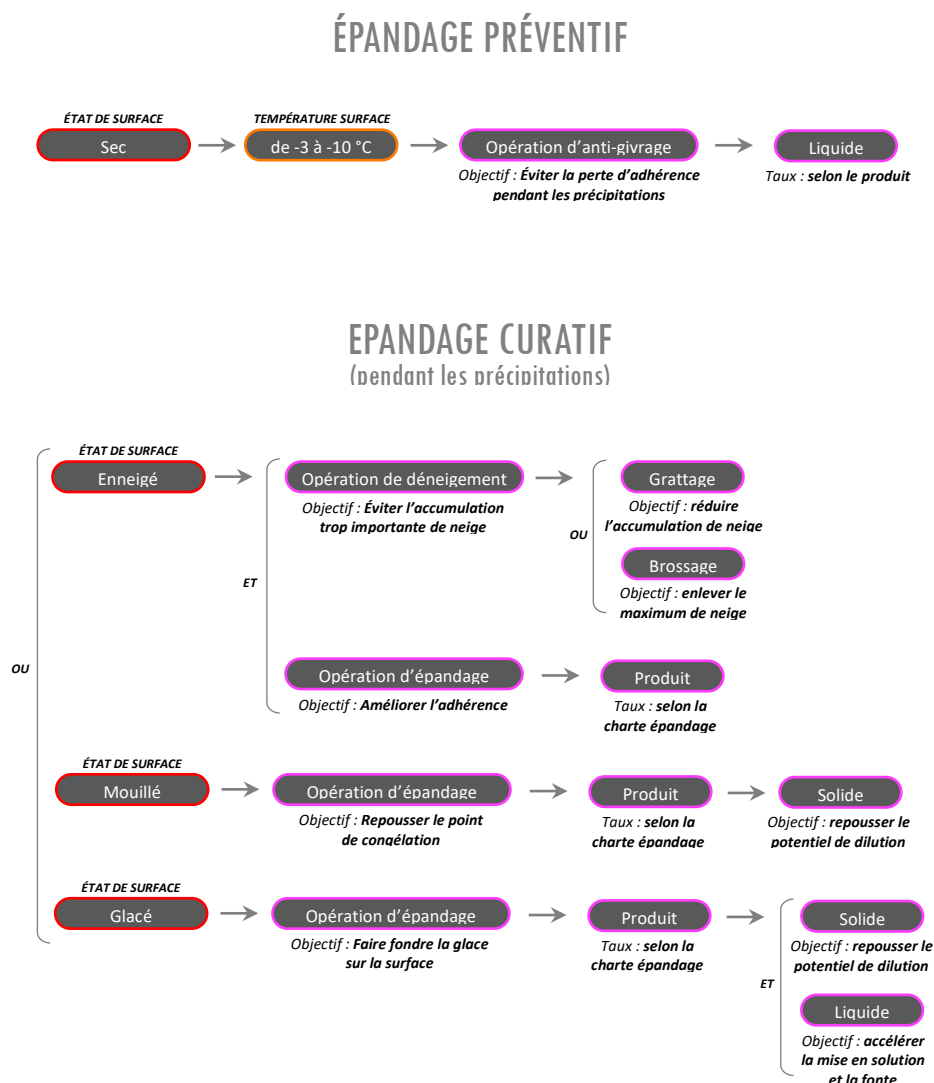


Figure 12 - Tableau du processus décisionnel servant à orienter l'opérateur

5.2.2 Communication avec les usagers

Il a été jugé nécessaire d'établir un protocole de communication entre l'opérateur (PJCCI) et les cyclistes afin d'assurer une gestion efficace des attentes des usagers, plus particulièrement en ce qui concerne les événements météorologiques imprévus, indissociables à la saison hivernale. Les commentaires des usagers constitueront également d'importants éléments pour apporter d'éventuels correctifs et améliorations et pour assurer une efficacité optimale. Ainsi, la mise en œuvre d'un protocole de communication efficace, tant à l'interne (au sein de PJCCI) qu'à l'externe (avec les usagers) est essentielle (voir la Figure 13).

À la lumière des recommandations formulées lors des études des Phases 1 et 2, on a procédé – ou on procède actuellement – à l'installation de systèmes de transport intelligent sur le pont. S'agissant essentiellement de signalisations, de caméras/radars pédagogiques, de panneaux à messages variables et de barrières automatiques, ces systèmes visent à sensibiliser les cyclistes et à les encourager à réduire leur vitesse à des emplacements clés

comportant des risques élevés, et à leur fournir toute information pertinente sur les conditions de la piste (heures d'ouverture, opérations et fermetures planifiées).

Par ailleurs, PJCCI a développé et lancé une application mobile permettant de transmettre des bulletins d'information aux usagers qui empruntent la piste multifonctionnelle et le trottoir du pont Jacques-Cartier en hiver. Par conséquent, l'équipe chargée des opérations et de l'entretien sera en mesure de programmer et de partager en temps réel avec les usagers des messages les informant de la fermeture et de la réouverture de la piste. De tels messages seront accessibles via Twitter ou sous forme d'alertes via l'application.

Condition : Vert Soyez vigilants
Condition : Jaune (incluant un choix de messages et message clignotant) Enneigée, soyez prudents Enneigée par endroit, soyez prudents Glacée par endroit, soyez prudents Largeur réduite, soyez prudents
Condition : Rouge (possibilité d'un message additionnel en cas de déneigement clignotant) Entretien en cours

Figure 13 - Exemples de messages à l'intention des usagers

6. CONCLUSION

Dans le cadre du projet d'entretien hivernal de la piste multifonctionnelle et du trottoir du pont Jacques-Cartier, l'équipe d'Arup a mené une série d'études et de simulations conjointement avec PJCCI dans le but d'évaluer les méthodes conventionnelles de déneigement et les solutions novatrices à ce chapitre (surfaces chauffantes). L'objectif du projet visait à confirmer la faisabilité de l'ouverture de la piste en hiver tout en assurant une gestion et un contrôle des risques potentiels.

Les options ont été étudiées au moyen d'une analyse multicritère fondée sur une approche multidimensionnelle de développement durable combinant la sécurité des usagers et les facteurs environnementaux, socio-économiques et techniques. Les méthodes conventionnelles de déneigement se sont avérées plus efficaces à court terme. L'impact des opérations sur l'environnement, la durabilité de l'infrastructure existante et la sécurité des usagers ont fait l'objet d'une analyse rigoureuse, et ce, afin d'assurer l'exécution efficace des opérations et un contrôle approprié des risques.

Les deux phases du projet et les diverses simulations ont donné lieu à un cadre d'entretien hivernal ainsi qu'à une approche pouvant s'appliquer aussi bien à Montréal que dans d'autres villes canadiennes. L'équipe d'Arup a mis en œuvre de façon très similaire les mêmes approches et méthodes sur d'autres ponts d'envergure équivalente ayant mené à l'ouverture hivernale de tels liens de transport. Ce projet constituait l'une des premières études du genre menées au Canada visant à identifier et à définir les paramètres de services hivernaux pour une structure élevée de cette complexité et envergure. Parmi les autres

facteurs à l'étude, notons les tests d'adhérence au moyen de technologies de pointe. De tels tests ont donné lieu à l'établissement de seuils d'acceptabilité adaptés à une piste cyclable dans un environnement canadien.

Enfin, l'équipe (PJCCI et Arup) a élaboré un protocole intégré afin d'assurer la réussite des opérations dans différentes conditions météorologiques tout en minimisant les impacts négatifs. Au terme d'une analyse des risques, PJCCI a décidé de mettre en œuvre une série d'améliorations afin d'assurer la sécurité des usagers et de favoriser les communications efficaces avec ceux-ci.

RÉFÉRENCES

1. Données Éco-compteur pour la Ville de Montréal, 2017.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO (1999) Guide for the development of bicycle facilities, 86 pages.
3. Katko, K., "Goals and Methods of Winter Maintenance in Finland." Transportation Research Record, No. 1387 (1993) 4 pages.
4. Bulletin d'information technique Vol. 1. No 5, janvier 1996 MTMDDET (MTQ)