

# **Rapport d'analyse préliminaire des impacts du Projet structurant de l'Est de Montréal sur la ligne verte du métro**

Société de transport de Montréal

26 janvier 2023



## Notes de mise en garde :

Ceci est un rapport préliminaire. Une version plus avancée paraîtra en concordance avec la fin du mandat du groupe de travail sur le Projet structurant de l'Est de Montréal (PSE) en raison des liens évidents qui unissent les deux dossiers.

Les prévisions d'achalandage utilisées dans ce rapport sont préliminaires et évolueront au fil de l'avancement du travail d'analyse et de l'avancement du Projet structurant de l'Est.

Les données de capacité de service présentées constituent également des données préliminaires, basées sur des hypothèses qui pourraient évoluer, notamment en raison de la répartition du matériel roulant sur les différentes lignes du réseau du métro.

Tous les coûts de projet présentés dans ce rapport représentent des évaluations préliminaires et approximatives des coûts complets (incluant contingences, taxes, frais de financement) avec réserve de risques. Ces coûts devraient donc également évoluer, notamment avec le raffinement des analyses ou en fonction des impacts de l'inflation qui pourraient changer selon la mise en œuvre visée des projets.

À noter que les éléments avancés dans les sections qui suivent prennent pour hypothèse de travail que les effets sur l'achalandage du PSE se feraient sentir à partir de 2036. Cette hypothèse a été retenue par souci de cohérence, puisqu'elle est également utilisée par l'ARTM dans le rapport sur le PSE. La séquence de déploiement des solutions pour augmenter la capacité de la ligne verte pourrait donc être différente si les effets du PSE étaient constatés avant 2036.

# Table des matières

Sommaire exécutif .....	IV
1. Introduction : mandat et contexte.....	1
2. Données préliminaires d'achalandage .....	2
3. Capacité actuelle et capacité limite théorique de la ligne verte.....	4
4. Les leviers d'augmentation de la capacité sur la ligne verte.....	5
4.1. Élargir la rafale de service .....	5
4.2. Augmenter la capacité de la ligne verte en remplaçant les MR-73 .....	6
4.3. Augmenter la fréquence de service par l'élimination des goulots en interstations.....	9
4.3.1. La contrainte de gestion d'espacement des trains .....	9
4.3.2. Surpasser la contrainte de gestion d'espacement des trains .....	10
4.3.3. Éliminer les goulots par l'ajout d'infrastructures.....	10
4.3.4. Solutions d'exploitation pour éliminer des goulots .....	11
5. Échéancier de mise en œuvre des solutions pour répondre à la demande.....	13
6. Impact sur l'achalandage en station .....	16
7. Conclusions et recommandations .....	17

## Sommaire exécutif

La STM a été mandatée pour examiner les effets anticipés du Projet de transport collectif structurant dans l'Est (PSE) sur la ligne verte et identifier les éventuelles interventions à mettre en œuvre pour soutenir l'évolution de l'achalandage anticipé. Ce rapport constitue une version préliminaire des analyses découlant de ce mandat. Un rapport plus complet sera disponible à l'été 2023.

Selon les hypothèses de travail actuelles, le PSE doit entraîner un gain estimé d'un peu plus de 2 000 passagers par direction durant l'heure la plus achalandée (PPHD) sur la ligne verte en 2036, ou de 3 100 PPHD avec les prolongements. Le service offert actuellement sur la ligne verte permet une capacité de 23 300 PPHD durant l'heure la plus achalandée, alors que l'achalandage se situe actuellement autour de 18 500 PPHD. La capacité de la ligne verte pourrait être augmentée de 8 700 PPHD grâce à divers leviers, ce qui représente un gain potentiel de capacité de 37%.

Le premier levier possible consiste à élargir la rafale de service, soit d'offrir la fréquence de service maximale (2min30s) durant l'entièreté de l'heure la plus achalandée par l'ajout de trains en service. La rafale désigne la période durant laquelle la fréquence de service maximale est offerte. Élargir la rafale de 25 à 60 minutes permettrait d'ajouter de 2 000 à 2 100 PPHD. Cette mesure entraînerait des coûts d'exploitation mais aucun investissement et elle pourrait être déployée rapidement (6 à 12 mois).

Le second levier consiste à remplacer les MR-73 par de nouveaux trains de type « boa », plus spacieux, ce qui ajouterait un gain de 1 300 à 1 400 PPHD. Les trains MR-73 atteindront leur fin de vie utile en 2036 et devront invariablement être remplacés. Il s'agit d'un projet majeur qui exige aussi la construction d'un nouveau complexe Beaugrand, la modification de l'arrière-gare et du garage Angrignon. Il doit également être arrimé avec la mise en service d'un nouveau contrôle de trains sur la ligne verte. L'expérience du projet AZUR démontre que de tels projets sont très complexes. Comme ces projets devront être réalisés au plus tard en 2036 et qu'ils sont inévitables, avec ou sans PSE, il est impératif de lancer rapidement les études pour respecter l'échéance.

Le troisième levier, nécessaire à plus long terme et dans un second temps, consiste à augmenter la fréquence de service maximale, actuellement limitée à 2min30s sur la ligne verte. Cette limite est déterminée par les temps de parcours de 5 interstations de la ligne verte qui sont supérieurs à 2min00s, ce qui constitue autant de goulots empêchant de réduire l'intervalle minimum de service sous la barre du 2min30s. Éliminer 3 goulots permettrait d'augmenter la capacité de 3 200 PPHD, tandis que l'élimination des 2 derniers goulots permettrait d'ajouter une capacité additionnelle de 2 100 PPHD.

Éliminer ces goulots exige de modifier les normes d'exploitation, mais surtout de mettre en œuvre des solutions pour maintenir un niveau de sécurité adéquat. L'ajout d'infrastructures (de ventilation, d'évacuation, etc.) est une première option pour maintenir un niveau de sécurité comparable. La seconde option pour mitiger les risques, et qui semble davantage utilisée à l'étranger, est du registre des modes opératoires combinés aux possibilités des nouvelles technologies, notamment celle d'un système de contrôle de train de nouvelle génération (CBTC). Des analyses supplémentaires seront nécessaires pour identifier les moyens les plus adéquats et efficaces pour éliminer les goulots afin d'augmenter la fréquence de service, tout en maintenant un niveau de sécurité adéquat.

Sur la base des hypothèses de travail actuelles et selon la croissance anticipée de l'achalandage sur la ligne verte du PSE, le remplacement des MR-73 et l'élargissement de la rafale seraient nécessaires dans un horizon 2036 à 2040. Les solutions d'élimination des goulots seraient requises dans un deuxième temps plus éloigné (entre 2042 et 2052 selon les scénarios).

L'élargissement de la rafale n'exige aucun investissement additionnel, permettra un gain de capacité significatif et peut être mise en œuvre rapidement. L'acquisition des nouveaux trains, ainsi que les divers projets connexes (complexe Beaugrand, arrière-gare et garage Angrignon, contrôle de trains) seront nécessaires au plus tard en 2036 quoi qu'il arrive. Étant donné la complexité de ces projets, les études nécessaires devraient être lancées sans attendre. Éliminer les goulots pour augmenter la fréquence de service maximale serait nécessaire d'ici environ 20 ans avec le PSE. Il apparaît incontournable d'explorer de manière structurée les solutions du registre de l'exploitation des mises en œuvre dans d'autres réseaux pour voir si, et de quelle manière, elles pourraient être adaptées au contexte du métro de Montréal.

L'ensemble des solutions à mettre en place représente un chantier considérable de modernisation de la ligne verte, et par extension de tout le réseau du métro de Montréal. Ce chantier permettra d'augmenter la capacité de la ligne verte mais aussi, simultanément, de maintenir sa fiabilité, d'améliorer sa performance et de bonifier l'expérience client.

### **Recommandations**

- Dès 2023, lancer la planification du projet de remplacement des MR-73 et celle de ses projets afférents ainsi que les études nécessaires en vue d'affiner les échéanciers et de créer rapidement un bureau de projet.
- Mettre en place un processus d'autorisation gouvernementale allégé pour mitiger les impacts sur l'échéancier.
- Lancer les travaux du groupe de travail conjoint avec l'ARTM sur les solutions de réduction de goulots.
- Déployer prioritairement l'élargissement de la rafale si les effets du PSE se font sentir avant 2036, de manière à répondre à la croissance de l'achalandage en temps opportun.
- Poursuivre les analyses au cours des prochains mois en fonction des travaux du groupe de travail sur le PSE.

## 1. Introduction : mandat et contexte

Le 2 mai 2022, le gouvernement du Québec et la Ville de Montréal ont annoncé des modifications importantes au Projet de transport collectif structurant dans l'Est (le « **projet** ») ainsi que la formation d'un groupe de travail chargé de soumettre une nouvelle version du projet. Ces changements incluent notamment l'abandon du tronçon vers le centre-ville, d'éventuels prolongements et un meilleur arrimage de ce projet avec le réseau du métro.

Dans ce contexte, le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec (MTMDQ) a mandaté la Société de transport de Montréal (STM) pour examiner les effets anticipés du projet sur le réseau du métro et identifier les éventuelles interventions à mettre en œuvre pour soutenir l'évolution de l'achalandage anticipé en raison de la mise en œuvre du projet.

Ce rapport constitue une version préliminaire des analyses, constats, plan d'actions et recommandations découlant de ce mandat. Un second rapport paraîtra en concordance avec la fin du mandat du groupe de travail.

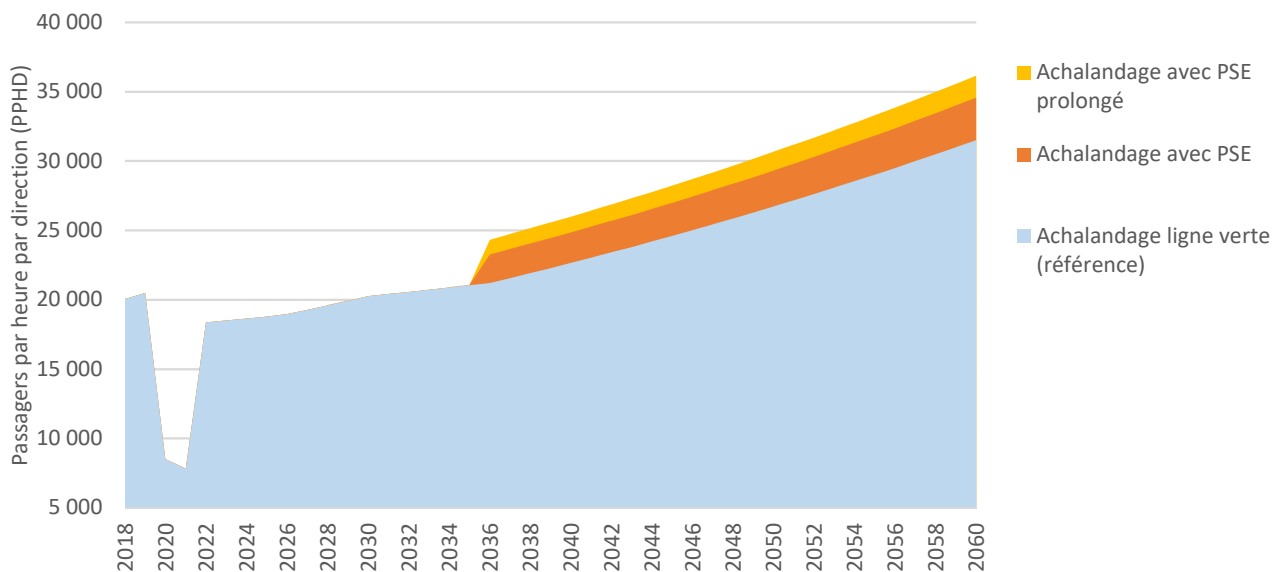
## 2. Données préliminaires d'achalandage

L'ARTM a fourni des données de projection d'achalandage pour le **Projet structurant de l'Est (PSE)** à l'horizon 2036. Elles incluent un scénario de base ainsi qu'un scénario avec prolongements. Elles sont basées sur les données de l'Enquête Origine destination de 2018 et portent sur la pointe du matin (6h à 9h). Ces données prennent désormais en compte l'impact de la COVID et prévoient que l'achalandage pré-pandémie serait retrouvé en 2029-2030.

Ces données doivent être prises avec précaution et la STM ne peut se porter garante de leur exactitude. Il s'agit de données toujours préliminaires qui ne considèrent pas plusieurs éléments, comme l'ensemencement (les déplacements engendrés par les développements urbains qui découleront de la mise en œuvre du PSE). De plus, les effets réseaux devront également être raffinés.

Pour être utilisées ici, les données de la pointe AM complète (6h à 9h) sont appliquées sur la répartition actuelle de la charge, pour obtenir une évaluation du point de charge maximale en passagers par heure et direction (PPHD) durant l'heure la plus achalandée. La projection de l'ARTM porte sur la période 2018-2046. Pour les fins d'illustration des impacts à long terme sur la ligne verte, les hypothèses de croissance de l'ARTM ont été étendues de manière linéaire jusqu'en 2060.

**Graphique 1. Projection du point de charge maximale durant l'heure la plus achalandée sur la ligne verte**



**Source et note:** d'après le modèle prévisionnel intérimaire d'achalandage 2018-2046 de l'ARTM, avec traitement STM pour obtenir le point de charge maximale durant l'heure la plus achalandée. La projection de croissance post 2046 consiste en une extension des hypothèses de l'ARTM.

D'après les données de l'ARTM, le PSE (projet de référence) entraînerait un gain d'un peu plus de 2 000 clients sur la ligne verte durant l'heure la plus achalandée en 2036 (graphique 1). Avec les prolongements, ce gain atteindrait plutôt près de 3 100 clients. Pour la suite, l'ARTM prévoit une croissance de 1,7% par année.



### 3. Capacité actuelle et capacité limite théorique de la ligne verte

Depuis 2019, le service offert sur la ligne verte du métro de Montréal en pointe du matin permet de déplacer 23 300 PPHD durant l'heure la plus achalandée. Même avant la pandémie, cette capacité laissait une marge résiduelle par rapport au point de charge maximale observé alors (autour de 21 000 passagers durant l'heure la plus achalandée). Avec l'achalandage qui se situe actuellement autour de 70% des niveaux pré-pandémie, ce niveau de service laisse une capacité résiduelle importante.

Ce niveau de service est livré en pointe du matin avec 30 trains et une rafale de 25 minutes (voir section suivante), durant laquelle les trains passent aux 2min30s.

Plusieurs leviers sont disponibles pour bonifier la capacité de service sur la ligne verte. En combinant les moyens présentés dans la section 4, la ligne verte du métro pourrait offrir une capacité additionnelle maximale de 8 700 PPHD, ce qui représente une bonification de 37% par rapport à l'offre de service actuel.

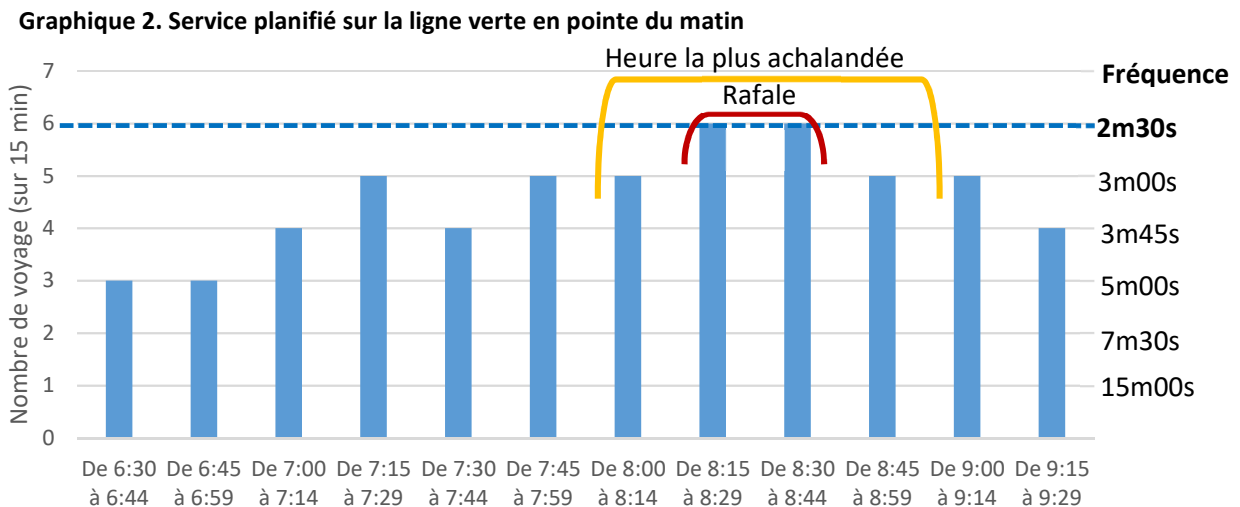
## 4. Les leviers d'augmentation de la capacité sur la ligne verte

Pour augmenter la capacité sur la ligne verte, trois grands leviers sont possibles : élargir la rafale pour offrir une fréquence de service plus élevée durant l'heure la plus achalandée; changer le matériel roulant pour de nouveaux trains boa de plus grande capacité; et enfin, éliminer les goulots en interstations qui empêchent de réduire l'intervalle minimum en deçà de 2min30. Cette section examine ces diverses solutions.

### 4.1. Élargir la rafale de service

Durant l'heure la plus achalandée de la pointe du matin, le service offert sur la ligne verte est livré avec une rafale de 25 min durant laquelle l'intervalle minimum est de 2min30s (graphique 2). La rafale correspond au niveau de service le plus élevé offert durant une pointe pour répondre aux niveaux de charge les plus importants. Un intervalle de 2min30s constitue la fréquence de passage des trains la plus élevée qu'il est actuellement possible de livrer sur la ligne verte en raison des contraintes du réseau et des normes d'exploitation. En après-midi, où la pointe d'achalandage est moins intense mais plus longue, la rafale est d'une durée de 45 minutes, mais avec un intervalle minimum de 2min45s.

Un premier moyen pour augmenter la capacité consiste à élargir la rafale de 25 à 60 minutes en pointe du matin, par l'ajout de 2 trains en service, en plus des 30 trains actuellement utilisés. En offrant la fréquence maximale (intervalle de 2min30s) durant 60 minutes, la ligne verte verrait sa capacité de service bonifiée de 2 000 à 2 100 PPHD, selon le matériel roulant en service sur la ligne<sup>1</sup>. Cette mesure n'exige aucun investissement en immobilisation puisque la STM possède déjà les trains nécessaires. Les coûts d'exploitation additionnels ont été évalués à 2,4 M\$ par année pour l'année 2023. Le déploiement de cette mesure peut se faire à courte échéance puisque la planification du service se fait 6 mois avant son entrée en vigueur.



<sup>1</sup> Élargir la rafale sans remplacer les MR-73 produirait un gain moins important que si toute la ligne est déjà desservie seulement avec des trains de type boa.

## 4.2. Augmenter la capacité de la ligne verte en remplaçant les MR-73

Le remplacement des MR-73 par un nouveau train de type « boa », c'est-à-dire un train continu sans séparation entre les voitures qui offre une capacité supérieure de 8%, permettrait d'augmenter la capacité de 1 300 à 1 400 PPHD, selon le niveau de service<sup>2</sup>. Il exige également la construction d'un nouveau complexe Beaugrand et la modification de l'arrière-gare et du garage Angrignon. Ce projet doit être arrimé avec la mise en service d'un nouveau système de contrôle de trains sur la ligne verte.

Ces projets constituent des investissements très importants qu'il aurait été nécessaire de réaliser dans les prochaines décennies (sans égard au PSE) pour maintenir, voire augmenter, la fiabilité et la performance de la ligne verte. Ceci dit, les choix qui seront faits dans ce grand chantier seront désormais teintés par l'arrivée du PSE, car ils auront une incidence sur la capacité de service qu'il sera possible de déployer pour faire face à la hausse d'achalandage, de même que sur les coûts afférents.

Les 40 trains MR-73 de la STM doivent être remplacés au plus tard en 2036. En 2014, la STM a pris la décision de réaliser certains travaux pour en prolonger leur durée de vie de 40 à 60 ans, permettant ainsi des économies de 500 M\$ sur 30 ans. En 2036, les MR-73 seront alors parmi les plus vieilles voitures au monde encore en service. Un report additionnel n'est pas envisageable car il pourrait compromettre la fiabilité du service, de même qu'en raison de la nécessité de remplacer le système de contrôle de trains qui exigera du matériel roulant moderne.

Le remplacement des MR-73 constitue un projet d'envergure et complexe qui exige une longue planification et qui comporte plusieurs projets. Il prévoit l'acquisition de 40 trains pour remplacer les 360 voitures MR-73 et d'environ 20 trains additionnels pour augmenter la flotte et répondre à la croissance anticipée des besoins sur l'ensemble du réseau, notamment l'élargissement de la durée de la rafale, la diminution de l'intervalle et les prolongements. Le projet exige également la construction d'un nouveau complexe Beaugrand et la modification de l'arrière-gare et du garage Angrignon. Ces deux interventions en bouts de ligne sont essentielles pour assurer le déploiement et l'entretien des nouveaux trains.

Le projet tel qu'il est actuellement envisagé permettra de faire passer le nombre de places de stationnement dans les garages de 33 à 39 trains. S'il est souhaité d'atteindre à terme un intervalle de 2min00s, 4 trains additionnels devraient alors être ajoutés au projet d'acquisition et 4 places de stationnement additionnelles devraient être ajoutées (pour un total de 44) pour accommoder ces trains. Les décisions sur le niveau de service et donc de fréquence visée à long terme, devront être prises en temps opportun puisqu'elles impacteront la conception du projet.

Le système de contrôle de trains actuel du métro atteindra sa fin de vie utile en 2026 et doit progressivement être remplacé sur l'ensemble des lignes par un nouveau système moderne de type CBTC (« Communications-based train control ») pour maintenir la fiabilité du service. La mise en service d'un contrôle de trains de type CBTC aura également l'avantage d'ouvrir de nouvelles possibilités en matière de gestion des trains et des évacuations en situation d'incident sur la ligne verte (voir section 4.3.4). Ce programme de remplacement doit débuter par la ligne bleue en raison du projet de prolongement de la ligne bleue. Le séquençage des phases suivantes sur les autres lignes doit encore faire l'objet d'analyses. Toutefois, le remplacement des trains MR-73 impose de considérer l'arrimage de ce projet avec le remplacement du contrôle de trains sur la ligne verte. Les analyses réalisées dans le cadre du prolongement de la ligne bleue ont démontré les risques de faire cohabiter un système de contrôle de

---

<sup>2</sup> L'impact de la capacité additionnelle due aux nouveaux trains est accru avec une rafale élargie.

trains et du matériel roulant de générations différentes, de même que les risques inhérents au fait qu'il n'y a plus qu'un seul fournisseur potentiel d'équipements de contrôle de trains à cantons fixes<sup>3</sup>. Installer des équipements de contrôle de trains de vieille génération sur du nouveau matériel roulant représenterait une opération risquée et inutilement coûteuse car les équipements devraient de toute façon être remplacés à peine quelques années plus tard. Il apparaît donc impératif de doter d'emblée les nouveaux trains à acquérir d'équipements de contrôle CBTC, et de coordonner le déploiement du nouveau contrôle de trains sur la ligne verte avec celui du nouveau matériel roulant en 2036.

À l'heure actuelle, aucun échéancier de projet détaillé n'a encore été produit. Le projet vient d'être inscrit au Programme d'immobilisations 2023-2032 de la STM. Les échéanciers présentés au Tableau 1 doivent être pris avec précaution puisqu'ils sont surtout basés sur l'expérience récente du Projet AZUR<sup>4</sup>, projet d'une portée pratiquement identique (acquisition de 54 nouveaux trains, subséquemment portée à 71, et modifications aux ateliers Youville). De l'étude à la livraison des premières voitures AZUR, 12 années auront été nécessaires et 17 jusqu'aux dernières. Le projet de modifications aux ateliers Youville aura requis au moins 5 ans pour réaliser l'essentiel des travaux (2010 à 2016), sans compter les étapes préalables du projet, notamment la planification du projet et la réalisation des études.

Il faut mentionner que le projet AZUR n'était pas soumis à la Directive sur les projets majeurs d'infrastructures publiques (la **Directive**) du gouvernement du Québec. L'expérience du PLB démontre que le respect des exigences de la Directive, particulièrement en matière d'autorisations gouvernementales, impacte de manière significative un échéancier.

Dans l'état actuel des choses, l'échéancier préliminaire du projet de remplacement des MR-73 est donc actuellement déjà très ambitieux. Pour mitiger ces risques et assurer la réalisation du projet dans les meilleurs délais, les études devraient être lancées dès 2023, notamment pour affiner les échéanciers, et un bureau de projet devrait ensuite être créé. Un processus d'approbation gouvernementale optimisé devrait également être mis en place pour éviter les impacts sur l'échéancier de la Directive.

---

<sup>3</sup> Depuis l'époque du projet AZUR, le marché du contrôle de trains s'est consolidé (fusion-acquisition) et plusieurs fournisseurs ont recentré leur portefeuille de solutions vers les solutions CBTC, avec pour résultat qu'il n'y a présentement qu'un seul fournisseur à même de fournir les équipements de contrôle de trains à cantons fixes utilisés dans le métro de Montréal. Ce contexte de fournisseur unique qui faisait porter des risques sur les coûts et l'échéancier a été un facteur déterminant dans la décision de démarrer le projet de contrôle de trains sur la ligne bleue.

<sup>4</sup> Le projet de remplacement des MR-63 a été inscrit au programme d'immobilisation de la STM pour la première fois en 2004, et il avait précédemment fait l'objet de réflexions stratégiques depuis 1999. Le bureau de projet sera créé en 2006. Un premier appel d'offres sera lancé en 2008. Le contrat d'acquisition initial des voitures de métro AZUR sera signé en octobre 2010 avec le Consortium Bombardier-Alstom (CBA). Le 12 novembre 2018, les gouvernements du Québec et d'Ottawa annonçaient l'acquisition de 17 trains AZUR supplémentaires. Le premier train AZUR a été mis en service clientèle en février 2016 et le dernier en décembre 2021, soit 5 ans plus tard.

**Tableau 1. Projets liés au remplacement des MR-73**

Projet	Portée	Évaluations préliminaires des coûts <sup>A</sup>	Échéanciers préliminaires <sup>B</sup>
Remplacement des voitures MR-73	Remplacement des 360 voitures MR-73 par 40 trains AZUR et ajout de 20 trains supplémentaires.	2,9 G\$	2023-2037
Complexe Beaugrand	Construction d'un nouvel atelier de « petites révisions » avec des voies d'entretien sur pilotis et conversion de l'actuel atelier en garage pour assurer le déploiement de trains AZUR sur la ligne verte.	700 M\$	2023-2037
Modification de l'arrière-gare et garage Angrignon	Réaménagement des infrastructures en bouts de ligne par l'ajout d'une voie d'entretien sur pilotis, d'une position de garage ainsi que des appareils de voie pour assurer le déploiement des trains AZUR sur la ligne verte et afin d'augmenter la fréquence de service en période de pointe.	300 M\$	2023-2032
Remplacement du contrôle de trains – Ligne verte	Remplacement du système de contrôle de trains actuel dit « à cantons fixes », lequel sera désuet à partir de 2026, par un système de type CBTC.	1,5 G\$	2023-2037

**Note :**

<sup>A</sup>. Les coûts des projets représentent des évaluations préliminaires et approximatives des coûts complets (incluant contingences, taxes, frais de financement) avec réserve de risques. Ces coûts devraient évoluer, notamment avec le raffinement des analyses ou en fonction des impacts de l'inflation qui pourraient changer selon la mise en œuvre visée des projets.

<sup>B</sup>. Les échéanciers et les coûts présentés ici sont basés sur l'expérience du projet AZUR et non sur un exercice de planification détaillé. La mise en œuvre rapide des études est nécessaire pour obtenir des coûts et échéanciers plus précis. L'ajout des 4 places de stationnement additionnelles représente un coût approximatif de 538 M\$, tandis que les 4 trains AZUR additionnels sur la ligne verte représentent un coût approximatif de 193 M\$.

### 4.3. Augmenter la fréquence de service par l'élimination des goulots en interstations

La fréquence de service sur une ligne du métro de Montréal est dictée par le temps de parcours entre les stations. Sur la ligne verte, 5 interstations présentent des temps de parcours (incluant les temps de stationnement) supérieurs à 2min00s et qui constituent autant de goulots empêchant de réduire l'intervalle minimum de service sous la barre de 2min30s.

Sur la ligne verte, éliminer 3 des 5 goulots permettrait de diminuer l'intervalle minimum à 2min15s, ce qui permettrait d'augmenter la capacité de 3 200 PHPD. L'élimination des 2 derniers goulots résiduels permettrait d'abaisser la fréquence à 2min00s et ajouterait une capacité additionnelle de 2 100 PPHD.

Cette section explique pourquoi et présente les pistes de solutions pour éliminer ces goulots.

#### 4.3.1. La contrainte de gestion d'espacement des trains

Une règle d'exploitation importante du métro de Montréal est la *contrainte de gestion d'espacement des trains* (communément désignée comme « N+1 »). Cette règle prévoit qu'un train ne peut quitter une station tant que le quai suivant n'est pas en cours de libération. Elle s'explique par le caractère entièrement souterrain du métro et vise à ce qu'en cas d'incendie ou d'incident majeur, un train puisse toujours se rendre à un quai pour évacuer ses passagers. Surtout, elle permet ainsi d'éviter que deux trains se retrouvent coincés dans un même segment de tunnel et de ne pas avoir la possibilité de créer une voie d'évacuation sans fumée avec les postes de ventilation pour ces deux trains. La STM est ainsi en mesure de limiter le nombre d'évacuations d'urgence en tunnel avec tous les risques entourant ce type d'évacuation.

C'est cette règle qui fait en sorte que la fréquence minimale de service sur une ligne de métro est déterminée par la distance de l'interstation la plus longue (incluant le temps de stationnement). Sur la ligne verte, le temps de parcours en interstation le plus long est de 2min30. Au total, 5 interstations ont des temps de parcours minimum supérieurs à 2min00s et constituent donc autant de goulots en ligne qui empêchent d'augmenter la fréquence (Tableau 2).

**Tableau 2. Interstations de la ligne verte avec des temps de parcours supérieurs à 2min**

	Temps minimal
Atwater => Lionel-Groulx	2m30s
Radisson => Honoré-Beaugrand	2min27s
Monk => Angrignon	2min23s
Charlevoix => Lionel-Groulx	2min14s
Papineau => Frontenac	2min02s

Note : Le temps minimal inclut le temps de déplacement et le temps de stationnement.

#### 4.3.2. Surpasser la contrainte de gestion d'espacement des trains

La contrainte de gestion d'espacement des trains (N+1), est un mode de gestion implanté pour mitiger le plus grand nombre de cas de figure possible en évacuation. Plusieurs facteurs nous poussent aujourd'hui à réévaluer nos pratiques, dont l'atteinte prévisible des limites de nos actifs et équipements. Les nouvelles technologies et les pratiques des autres métros devront nous inspirer dans cette réflexion afin d'augmenter la performance de notre réseau dans un environnement qui reste parmi les plus sécuritaires qui soient.

Plusieurs métros permettent à plus d'un train de s'engager sur le même segment de voie. L'intervalle minimum dépend alors principalement du temps de retournement des trains en bouts de ligne.

Éliminer la contrainte de gestion d'espacement des trains sans prendre de mesures de mitigation conduirait à une dégradation aveugle du niveau de sécurité. Le véritable enjeu consiste plutôt d'identifier des moyens pour limiter les risques qui permettent de maintenir un niveau de sécurité adéquat, dans un contexte où le risque zéro n'existe pas et où tout choix en cette matière implique des arbitrages. Il est crucial d'identifier, de quantifier et de mettre en contexte les conséquences de nos différents choix alors que le métro constitue sans conteste l'un des modes de transport les plus sécuritaires qui soient.

Une première option envisageable consiste à éliminer les goulots par l'ajout d'infrastructures (par exemple: ajout de ventilation, d'aires de refuge protégées, des sorties de secours, etc.) qui permettraient de maintenir comparable le niveau de sécurité. Un tel scénario est présenté à la section 4.3.3. Selon l'information actuellement disponible, les réseaux étrangers qui permettent à plus d'un train de s'engager sur le même segment de voie ne semblent pas recourir à cette solution.

La seconde option pour mitiger les risques et qui semble utilisée dans les réseaux étrangers, serait davantage du registre des modes opératoires combinés aux possibilités des nouvelles technologies, notamment celle d'un système de contrôle de trains de nouvelle génération (CBTC).

Le remplacement du système de contrôle de trains actuel de la STM atteindra sa fin de vie utile en 2026 et sera progressivement remplacé sur l'ensemble des lignes, ce qui ouvrira de nouvelles possibilités en matière de gestion des arrêts de trains en tunnel. Des modifications aux pratiques opératoires représentent des coûts susceptibles d'être moindres en comparaison à l'ajout d'infrastructures.

Surpasser la contrainte de gestion d'espacement des trains permettrait des bonifications importantes du service tant sur la ligne verte que sur la ligne orange. Le défi consiste à identifier les meilleurs moyens d'y parvenir tout en maintenant un niveau de sécurité qui fait du métro le moyen de transport le plus sûr qui soit.

#### 4.3.3. Éliminer les goulots par l'ajout d'infrastructures

Les scénarios d'élimination des goulots qui ont été évalués consistent principalement à ajouter des postes de ventilation aux extrémités de chaque interstation pour garantir que le désenfumage, en cas d'incendie, permette des voies d'évacuation pour les deux trains. Ces options doivent être considérées avec précaution car il s'agit de scénarios préliminaires dont les solutions et les évaluations de coûts pourraient évoluer considérablement au fil des études.

Les scénarios ont été évalués en deux temps. D’abord, pour éliminer trois goulots et ainsi atteindre une fréquence de 2min15s qui permettrait d’ajouter une capacité additionnelle de 3 200 PPHD. Ensuite, pour éliminer les 2 derniers goulots additionnels qui permettrait enfin d’abaisser l’intervalle minimum à 2 minutes et d’ajouter une capacité additionnelle de 2 100 PPHD. La principale variable expliquant la différence de coûts entre les deux scénarios est le nombre de postes de ventilation mécanique requis (6 dans un scénario de 3 interstations ou 10 pour un scénario de 5 interstations). L’augmentation de la fréquence requiert également une augmentation de la capacité électrique.

Le tableau 3 présente les coûts associés aux options d’élimination de goulots et d’augmentation de la capacité électrique (postes de redressement).

Tel que mentionné à la section 4.2, un intervalle de service inférieur à 2m15 exigerait la mise en service de 4 trains de plus que ce qui est prévu au projet de remplacement des MR-73, ainsi que l’ajout de 4 places de stationnement pour garer ces trains. L’ajout des 4 places additionnelles en garage représente un coût de 538 M\$, tandis que les 4 trains AZUR additionnels représentent un coût de 193 M\$. Ces coûts ne sont pas inclus dans le tableau 3.

**Tableau 3. Scénarios d’élimination des goulots par l’ajout d’infrastructures**

	3 goulots	5 goulots au total <sup>B</sup>
Sous-total <i>avant</i> impact de l’indexation <sup>A</sup> , taxes nettes et frais financiers	361 M\$	567 M\$
<b>Total coût complet avec réserve de risques<sup>C</sup></b> (incluant impact de l’indexation et des autres facteurs exigés par la <i>Directive sur la gestion des projets majeurs d’infrastructure publique</i> )	1 195 M\$	1 938 M\$

**Notes :**

<sup>A</sup>. L’échéancier modélisé prévoyait une mise en œuvre des solutions entre 2031 et 2035. Une mise en œuvre ultérieure impacterait les coûts en conséquence.

<sup>B</sup>. N’inclus pas les trains et les places de stationnement additionnelles qui seraient requis pour atteindre une fréquence de 2min qui permet l’élimination de 5 goulots.

<sup>C</sup>. Estimation budgétaire de « Classe D », c’est-à-dire propre au stade d’identification d’un projet et une marge d’erreur significative, avec taux de frais, de contingences, d’indexation et de réserve de risques standards pour les projets de la STM. L’impact des frais de financement, de l’indexation des coûts (inflation), des taxes de vente et des réserves de risques est inclus dans la présentation des coûts complets, conformément aux exigences de la *Directive sur la gestion des projets majeurs d’infrastructure publique* à laquelle est soumise la STM.

Comme mentionné au préalable et selon l’information actuellement disponible, les réseaux étrangers qui permettent à plus d’un train de s’engager sur le même segment de voie ne semblent pas recourir à ce type de solution. Bien qu’elle présente une avenue possible, cette méthode ne semble pas, au vu de l’expérience internationale, la plus utilisée.

**4.3.4. Solutions d’exploitation pour éliminer des goulots**

À ce stade, l’information sur les solutions d’exploitation pour éliminer les goulots est trop fragmentaire pour faire l’objet d’analyses et d’évaluations détaillées. Il faut donc commencer par constituer une base d’informations et de références sur le sujet.



Dans le cadre du mandat de décongestion de la ligne orange, la STM et l'ARTM ont déjà entrepris une collaboration visant à identifier des moyens pour améliorer la fréquence et la capacité de service de la ligne en tenant compte des enjeux posés par la contrainte de gestion d'espacement<sup>5</sup>. Les moyens à déployer pour identifier les solutions, tout comme les solutions elles-mêmes, seront du même registre. À cette fin, l'ARTM et la STM entendent mettre en place un groupe de travail au début 2023, accompagné de firmes spécialisées.

Le mandat du groupe de travail visera notamment les objectifs suivants:

- Effectuer un balisage international des pratiques en matière d'espacement des trains et de gestion des risques d'incendie dans les réseaux de métro, notamment identifier les mesures prises pour alléger ou éliminer la règle du N+1;
- Documenter les pratiques de calcul et d'évaluation des risques (occurrence d'événement redoutée);
- Réaliser une étude d'accidentologie et de caractérisation des risques sur les lignes verte et orange
- Balisage technologique pour identifier les solutions de sécurisation d'évacuation;
- Émettre des recommandations sur les moyens d'alléger l'application de la règle du N+1 en maintenant un niveau de sécurité adéquat et en phase avec les standards des meilleurs réseaux au monde;

Le cas échéant, identifier et documenter les bénéfices attendus en matière de réduction de risques d'accidents de la route (et autres bénéfices de santé et sécurité) découlant du plus nombre de déplacements effectués en métro que permettrait une révision de la règle du N+1.

Ce mandat devrait être d'une durée d'environ 18 mois. Le rapport final pourrait donc être disponible au courant de l'année 2024.

Cependant, il est déjà clair que la technologie jouera un rôle déterminant dans les solutions à mettre en place. Le remplacement du contrôle de trains sur la ligne verte et l'acquisition de nouveaux trains équipés de la technologie CBTC offrira d'ailleurs de nouvelles possibilités en matière de gestion des trains lors des situations d'incident pouvant nécessiter des évacuations. Par exemple, un contrôle de trains moderne de type CBTC permettra d'autoriser un train à quitter un quai sans attendre la libération du suivant, mais en modérant sa vitesse le temps d'atteindre le passage d'un point critique (un puit de ventilation par exemple). Un autre exemple pourrait être d'autoriser un train à s'approcher près d'un autre train déjà immobilisé en station, pour diminuer les temps d'intervention et d'évacuation.

La hausse du niveau de service permis par d'éventuelles solutions d'exploitation ne dispenserait pas de la nécessité de bonifier la capacité électrique sur la ligne verte. Les coûts de ces interventions ont été évalués de manière préliminaire à 285 M\$ ou 378 M\$, respectivement pour une fréquence de 2min15s ou de 2min00s durant 60 minutes.

---

<sup>5</sup> Sur la ligne orange, l'intervalle minimum de service tel que déterminé par les distances entre les stations et la contrainte de gestion d'espacement est de 3 minutes.

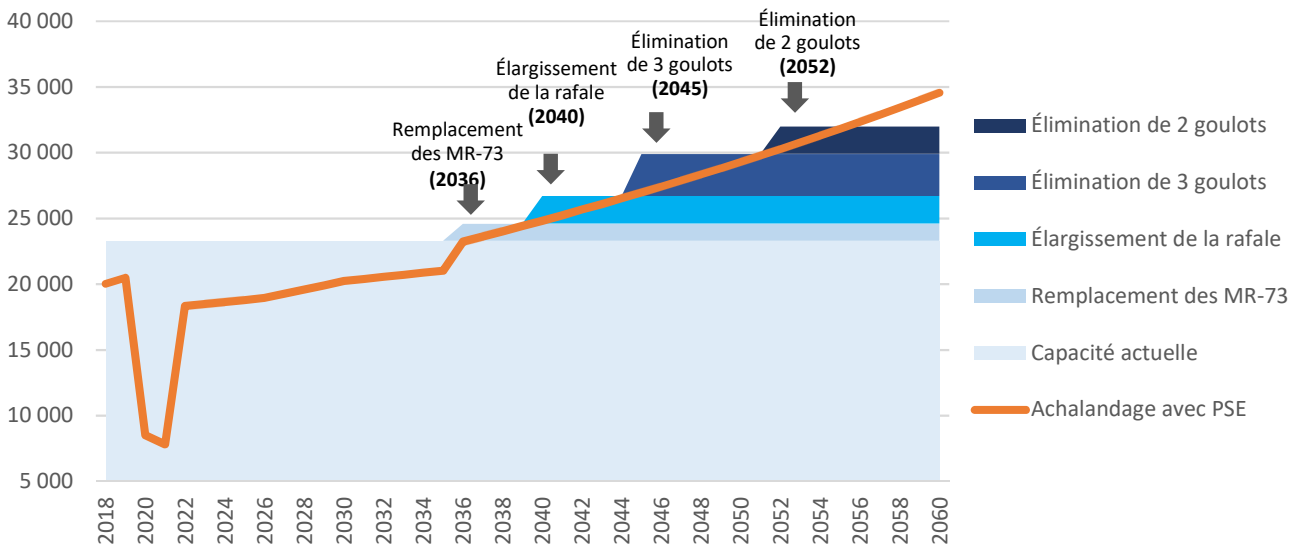
## 5. Échéancier de mise en œuvre des solutions pour répondre à la demande

Pour répondre à la croissance de la demande découlant du PSE, sans les prolongements, le remplacement des MR-73 et ses projets afférents devraient être effectifs dès 2036 (graphique 4). L'élargissement de la rafale serait nécessaire ensuite dès 2040. Les 3 premiers goulots devraient être éliminés d'ici 2045 et les deux derniers d'ici 2052.

En ajoutant les prolongements au PSE, les MR-73 doivent encore être remplacés dès 2036, mais l'élargissement de la rafale est devancé à 2037 et l'élimination des goulots à 2042 et 2049 (graphique 5).

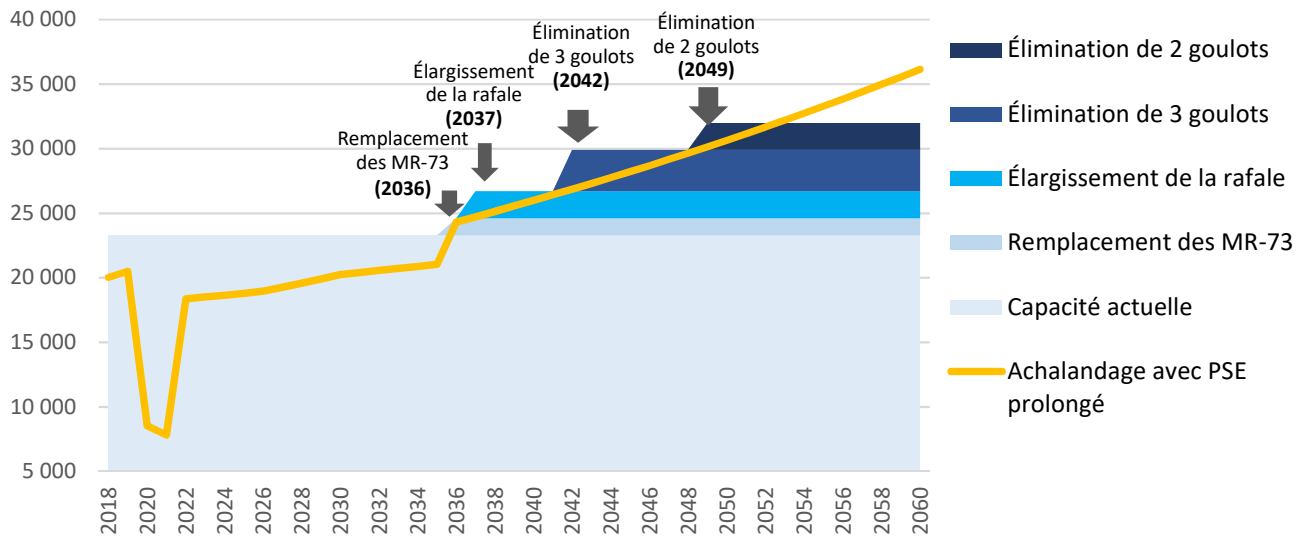
La séquence de déploiement des différentes mesures présentées ici est basée sur l'hypothèse que les effets du PSE se feraient sentir à partir de 2036. Si les effets du PSE sur l'achalandage devaient être ressentis avant, la rafale pourrait alors être devancée en amont du remplacement des MR-73.

**Graphique 4. Point de charge maximale sur la ligne verte avec le PSE sans prolongement**



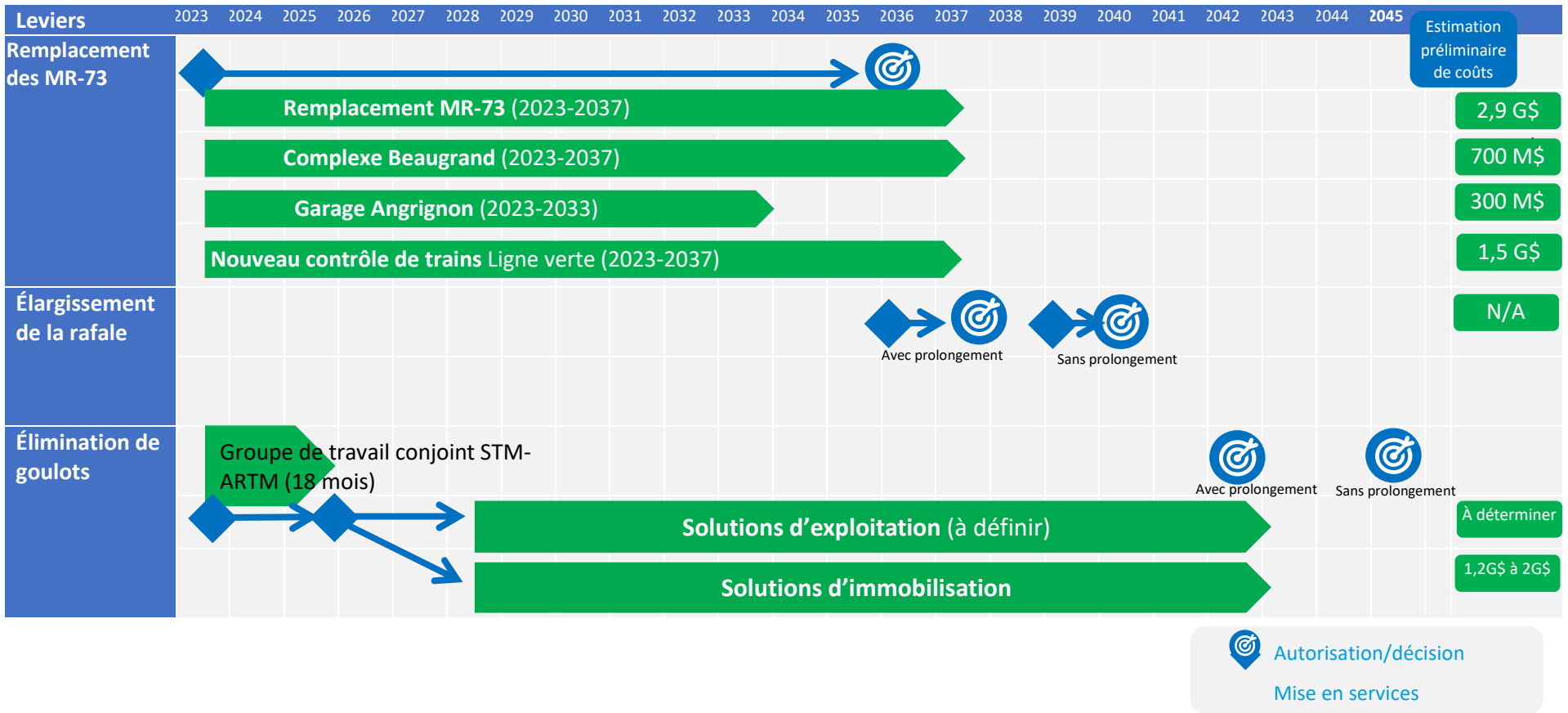
**Note :** la séquence de déploiement des différentes mesures présentées ici est basée sur l'hypothèse que les effets du PSE sur l'achalandage seraient effectifs en 2036.

**Graphique 4. Point de charge maximale sur la ligne verte avec le PSE avec prolongements,**



**Note :** la séquence de déploiement des différentes mesures présentées ici est basée sur l'hypothèse que les effets du PSE sur l'achalandage seraient effectifs en 2036.

**Tableau 4. Échéanciers de mise en œuvre des solutions**



## 6. Impact sur l'achalandage en station

Suivant la réception récente des données d'achalandage de l'ARTM, la STM vient de lancer un processus d'analyse des impacts de la mise en œuvre du PSE sur l'achalandage en station. Les résultats de cette analyse seront présentés dans la version finale du rapport.

## 7. Conclusions et recommandations

Les projections d'achalandage dont nous disposons sont encore préliminaires et basées sur les hypothèses actuelles retenues pour le PSE. Elles doivent donc être traitées avec de grandes précautions. On constate cependant que la ligne verte du métro dispose encore d'une capacité résiduelle significative qui devrait suffire pour au moins une dizaine d'années. Le PSE rendra cependant nécessaire d'accélérer le déploiement de nouveaux moyens pour augmenter la capacité. L'acquisition de nouveaux trains de type boa, nécessaires en 2036 au plus tard pour remplacer les MR-73 désuets, devrait permettre de répondre à l'augmentation de l'achalandage suivant la mise en service du PSE. L'élargissement de la rafale aura pour sa part l'avantage de pouvoir être déployée à courte échéance (moins de 12 mois) dès que l'achalandage le justifiera notamment si le PSE était mis en service plus tôt.

Les nouveaux trains, ainsi que les divers projets connexes (complexe Beaugrand, garage et arrière-gare Angrignon, contrôle de trains) seront nécessaires au plus tard en 2036 quoiqu'il arrive alors que l'élargissement de rafale n'exige que des coûts d'exploitation. La grande contrainte du projet de remplacement des MR-73 est son ampleur et sa complexité. L'expérience du projet AZUR démontre que l'échéancier du projet pourrait déjà être à risque si les conditions de succès ne sont pas réunies. Pour mitiger ces risques et assurer la réalisation du projet dans les meilleurs délais, les études devraient être lancées dès 2023, notamment pour affiner les échéanciers, et un bureau de projet devrait ensuite être créé. Un processus d'approbation gouvernementale allégé ou optimisé devrait également être considéré pour éviter les impacts prévisibles sur l'échéancier de la Directive sur les projets majeurs d'infrastructures publiques.

Les solutions de réduction de goulots pourraient être nécessaires dès 2040 ou 2045 selon que le PSE est construit avec ou sans prolongement. Des solutions d'infrastructures sont déjà envisageables pour surpasser la contrainte de gestion des espacements tout en maintenant les niveaux de sécurité, mais elles impliquent alors des investissements très importants. Il apparaît alors incontournable d'explorer de manière structurée les solutions du registre de l'exploitation mises en œuvre dans d'autres réseaux pour voir si, et de quelle manière, elles pourraient être adaptées au contexte du métro de Montréal. Pour ce faire, la mise en œuvre rapide du groupe de travail conjoint avec l'ARTM apparaît comme une première étape incontournable pour identifier le potentiel de cette option. Le remplacement prévu des trains MR-73, ainsi que celui du contrôle de trains, constituent des opportunités qui ouvriront de nouvelles possibilités à cet égard. Enfin, des décisions sur le niveau de service visé à long terme pour la ligne verte devront être prises dès les prochaines années, car ces décisions impacteront la conception du projet de remplacement des MR-73.

L'ensemble des solutions à mettre en place représente un chantier considérable de modernisation de la ligne verte et, par extension, de tout le réseau du métro de Montréal. Ce chantier permettra d'augmenter la capacité de la ligne verte mais aussi, simultanément, de maintenir sa fiabilité, d'améliorer sa performance et de bonifier l'expérience client. Son ampleur considérable doit cependant être contemplée à la lumière des autres besoins d'investissement (maintien d'actifs, développement des réseaux, électrification, accessibilité universelle, etc.), du plafonnement des balises gouvernementales ainsi des limites qui pèsent sur la capacité d'endettement de la ville de Montréal.

Dans l'état actuel des choses, la STM ne pourrait mener à terme cette modernisation de la ligne verte sans sacrifier d'autres priorités. De plus, comme mentionné, les échéanciers pour réaliser les différents projets nécessaires se trouvent déjà à risques. Il sera donc crucial pour les différents acteurs concernés de mettre en place les conditions nécessaires, notamment sur le plan du financement, pour faire de ce chantier de modernisation de la ligne verte et du PSE des succès dont les retombées seront véritablement structurantes à long terme pour l'Est de Montréal.

### **Recommandations**

- Dès 2023, lancer la planification du projet et les études nécessaires pour le projet de remplacement des MR-73 et de ses projets afférents, en vue d'affiner les échéanciers et de créer rapidement un bureau de projet.
- Mettre en place un processus d'autorisation gouvernementale allégé pour mitiger les impacts sur l'échéancier.
- Lancer les travaux du groupe de travail conjoint avec l'ARTM sur les solutions de réduction de goulots.
- Déployer prioritairement l'élargissement de la rafale si les effets du PSE se font sentir avant 2036, de manière à répondre à la croissance de l'achalandage en temps opportun.
- Poursuivre les analyses au cours des prochains mois en fonction des travaux du groupe de travail sur le PSE.