
MÉ MORANDUM

De : Robert Vandewinkel, ing. M.Sc., Porte-parole du Collectif j'y vais en métro

À : Madame Corinne Gendron, Présidente
Monsieur Pierre Renaud, Commissaire
Monsieur Antoine Morissette, Commissaire

Objet : COMPLÉMENTS D'INFORMATION À LA SUITE DES AUDIENCES DU 4 AOÛT 2020
ESTIMATIONS DES COÛTS DE MISE EN ŒUVRE D'UN MÉTRO LÉGER

À l'occasion de la présentation du mémoire du Collectif J'y vais en métro, les trois questions posées portaient sur l'évaluation des coûts utilisés par le Collectif comme bases du calcul et des estimations présentés.

Nous aimerions apporter des précisions qui offriront des réponses plus complètes et étoffées.

1 - Les bases de calculs des estimations (Question de Madame Gendron)

1- Les chiffres publiés par la Ville de Québec

Le rapport soumis par la ville de Québec en septembre 2019 donne, pour la mise en œuvre d'un métro, une fourchette variant de 100 M\$ à 200 M\$ par km. Ces chiffres issus de la base de données de Systra, qui livre des systèmes de transport sur rail à travers le monde, correspondent aux chiffres rencontrés ailleurs dans la littérature spécialisée.

Le 10 juillet dernier, la Ville de Québec et Systra vous transmettaient une note dans laquelle ils confirment qu'un métro léger coûte 150 M\$/km en se référant aux coûts actuels du métro de Toulouse couramment en construction. Cette donnée recoupe les renseignements obtenus ailleurs pour la construction des métros légers suivants :

- Rennes (France) ligne a : 152 M\$/km¹ actualisé 2020
- Rennes (France) ligne b : 105 M\$/km² actualisé 2020
- Toulouse (France) : 150 M\$/km³ en cours de construction
- Brescia (Italie) : 80 M\$/km⁴
- Bilbao (Espagne) : 56 M\$/km⁵

Ces chiffres sont aussi corroborés par une étude plus exhaustive des coûts de construction d'un métro dont le tunnel est creusé par tunnelier que nous avons menés en août 2019.

2- ESTIMATIONS DE PROJET

L'estimation des coûts de construction de l'infrastructure se base sur une étude de différents projets routiers qui ont été, au cours des dernières années, percés à l'aide de tunneliers. Le Tableau 1 résume les résultats comparatifs obtenus. Vous noterez que les prix par unité de surface de tête de coupe (diamètre brut du tunnel) ont été établis à partir des projets routiers de petites longueurs. En effet, les récentes publications spécialisées indiquent que les estimations avant-projet les plus justes considèrent ce ratio par unité de surface de front de

¹ http://www.metro-rennes-metropole.fr/accueil/le_projet/les_chiffres_cles

² <https://web.archive.org/web/20030315135656/https://www.ouest-france.fr/dossiershtm/val/17.htm>

³ Note en réponse aux demandes de la commission du BAPE, 10 juillet 2020. Ville de Québec

⁴ <https://transportwiki.com/brescia-metro/>

⁵ <https://www.railway-technology.com/projects/bilbao-metro/>

taille, plutôt que celui basé sur les coûts rapportés à la longueur du tunnel.

Tableau 1 - Calculs des moyennes des coûts de construction

Sources : Arup. « Cost benefits of large-diameter bored tunnels ». Avril 2015
Mackenzie, C. « The two methods of Subway Construction ». May 2017
Michaels, D. « The high-tech, low-cost world of tunnel building. » April 2016

Projets	Length (Mille)	Length (Km)	Diameter (ft)	Dia (m)	Area (m ²)	Bores	US/mile	US/km	CAD/km	CAD/km ²
Shanghai River crossing	4.60	7.36	50.60	15.42	186.82	twin	\$ 27,000,000.00	\$ 16,875,000.00	22,443,750.00 \$	120,133.19 \$
Madrid M-30	3.65	5.84	50.00	15.24	182.42	twin	\$ 131,000,000.00	\$ 81,875,000.00	108,893,750.00 \$	596,941.21 \$
Leforto Moscow	1.30	2.08	46.60	14.20	158.45	twin	\$ 439,000,000.00	\$ 274,375,000.00	364,918,750.00 \$	2,302,994.82 \$
4th tube elbe	1.60	2.56	46.50	14.17	157.77	single	\$ 303,000,000.00	\$ 189,375,000.00	251,868,750.00 \$	1,596,382.64 \$
SMART Kuala Lumpur	1.86	2.98	43.30	13.20	136.81	single	\$ 85,000,000.00	\$ 53,125,000.00	70,656,250.00 \$	516,467.99 \$
Wiesertunnel	1.00	1.60	38.30	11.67	107.04	twin	\$ 180,000,000.00	\$ 112,500,000.00	149,625,000.00 \$	1,397,897.19 \$
Westerschelde tunnel	4.10	6.56	37.00	11.28	99.89	twin	\$ 60,000,000.00	\$ 37,500,000.00	49,875,000.00 \$	499,284.49 \$
A-86 tunnel	6.20	9.92	34.00	10.36	84.35	single	\$ 242,000,000.00	\$ 151,250,000.00	201,162,500.00 \$	2,384,832.08 \$
									Moyenne par km par m²	1,176,866.70 \$
Second Avenue NY	3	4.80	23.50	7.16	40.30	single	\$ 100,320,000.00	\$ 62,700,000.00	83,391,000.00 \$	2,069,436.35 \$
Small bore (Elon Musk - Actual)	1.00	1.60	13.00	3.96	12.33	single	\$ 10,000,000.00	\$ 6,250,000.00	8,312,500.00 \$	674,083.30 \$

Le Tableau 1 inclut aussi les données sur la construction du métro de New York (ligne sous la Deuxième avenue) et le projet de Elon Musk en Californie. Ces deux derniers projets donnent des indications de limites supérieures et inférieures qui sont considérées dans les calculs pondérés des valeurs par kilomètre en fonction des diamètres de tunnel - Tableau 2 .

Tableau 2 - Calculs des coûts de construction selon le diamètre de front de taille.

Moyenne pondérée = (NY + 4*Moyenne + Elon Musk)/6

Diamètre (m)	Surface front de taille		De NY (CAD)	De la moyenne (CAD)	De Elon Musk (CAD)	Moyenne pondérée
4.00	12.57	m ²	26,005,364.92 \$	14,788,977.71 \$	8,470,800.41 \$	15,605,346.03 \$
5.00	19.64	m ²	40,633,382.70 \$	23,107,777.67 \$	13,235,625.64 \$	24,383,353.17 \$
5.60	24.63	m³	50,970,515.25 \$	28,986,396.31 \$	16,602,768.80 \$	30,586,478.22 \$
6.00	28.27	m ²	58,512,071.08 \$	33,275,199.85 \$	19,059,300.92 \$	35,112,028.56 \$
7.00	38.48	m ²	79,641,430.08 \$	45,291,244.24 \$	25,941,826.25 \$	47,791,372.21 \$
8.00	50.27	m ²	104,021,459.70 \$	59,155,910.84 \$	33,883,201.64 \$	62,421,384.11 \$
9.00	63.62	m²	131,652,159.93 \$	74,869,199.65 \$	42,883,427.07 \$	79,002,064.27 \$
10.00	78.54	m ²	162,533,530.78 \$	92,431,110.68 \$	52,942,502.56 \$	97,533,412.68 \$

Le Tableau 2 nous indique que les coûts (moyennes pondérées) au kilomètre ne varient pas de façon linéaire. Ainsi, le coût estimé d'un tunnel de 5.0m de diamètre (24.4 M\$/km) est substantiellement moins dispendieux qu'un tunnel de 10.0m de diamètre (97.5 M\$/km). En fait, deux tunnels de 5.0m de diamètre demeurent moins dispendieux qu'un seul de 10.0m.

Le diamètre recommandé pour un métro (base Ville de Montréal) est de 9,0m (voir Figure 1).

Considérons maintenant le diamètre requis pour permettre le passage d'une seule rame de métro, un tunnel de 5.6m de diamètre suffira pour accommoder le matériel roulant (voir Figure 2). Cette alternative d'un double tunnel représente une économie de près de 25% en coûts de construction de l'infrastructure.

Il est à noter que le cycle de vie d'un tunnel est au minimum de 100 ans, alors que toute infrastructure de transport en surface au Québec a un cycle de vie de 25 à 30 ans. Voilà pourquoi, dans notre mémoire, nous considérons le coût global sur 30 ans pour comparer les deux systèmes. En réalité, à terme, un tramway coûtera davantage comme le démontrent les coûts actualisés (voir la section 4 du chapitre 4 de notre mémoire).

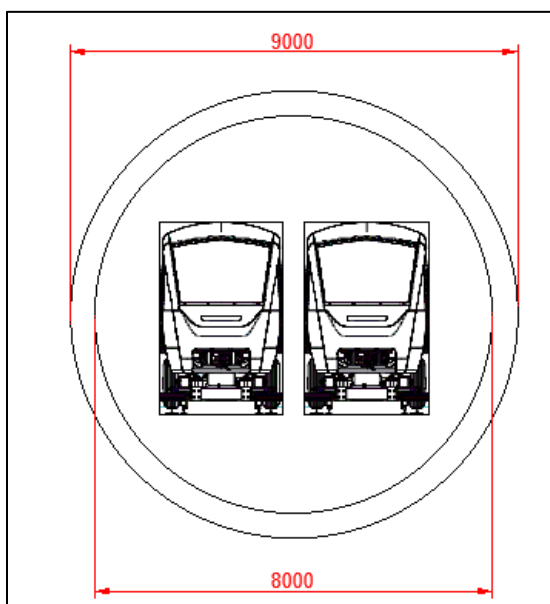


Figure 1 - Configuration d'un tunnel pour la circulation de métro - exemple de Montréal

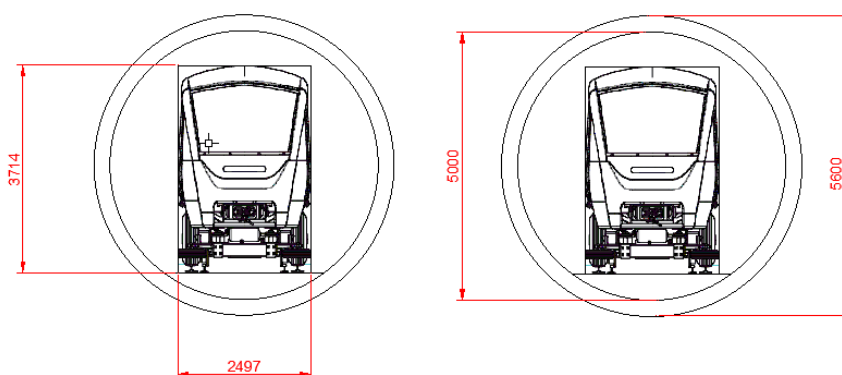


Figure 2 - Solution d'un double tunnel - illustration de l'espace occupé par un métro

Le Tableau 3 détaille l'estimation des coûts de la ligne de 16.3 km proposée par le Collectif (voir annexe).

Tableau 3 - Estimation des coûts pour métro léger options 1 tunnel et 2 tunnels (en millions de dollars)

Estimation Coûts métro légers			Hypothèse: 1 tunnel de 9.0m		Hypothèse: 2 tunnels de 5.6m	
Construction	Quantité	Unités	M\$/ unité	Total	M\$/ unité	Total (M\$)
Tunnels				1,287.734 \$		997.119 \$
Ligne proposée J'y vais en métro	16.3	km	79.002 \$	1,287.734 \$	61.173 \$	997.119 \$
Stations				950.000 \$		950.000 \$
Proposées par J'y vais en métro	19	Stations	50.000 \$	950.000 \$	50.000 \$	950.000 \$
Voitures (fréquence aux 4 minutes)				96.000 \$		96.000 \$
Voiture type VAL	16	Rames	6.000 \$	96.000 \$	6.000 \$	96.000 \$
Garages				100.000 \$		100.000 \$
Incluant les frais d'acquisition	2	bâtiments	50.000 \$	100.000 \$	50.000 \$	100.000 \$
TOTAL CONSTRUCTION				2,433.73 \$		2,143.12 \$
Autres frais	Quantité	Unités	\$ / unité	Total	\$ / unité	Total
Ingénierie	5.9%	Selon AFG	2,413.73 \$	143.801 \$	2,123.12 \$	126.655 \$
Architecture	8.0%	S.F.	950.000 \$	76.00 \$	950.000 \$	76.00 \$
Contingences	15%	S.F.		365.06 \$		321.47 \$
TOTAL AUTRES FRAIS				584.86 \$		524.12 \$
TOTAL PROJET				3,018.59 \$		2,667.24 \$
Coûts au km	16.3	km		185.19 \$		163.63 \$

Donc, la fourchette de 150 M\$/km à 200 M\$/km utilisée dans le mémoire couvre adéquatement et de façon réaliste les estimations et les calculs rapportés dans le mémoire du 30 juillet 2020.

2- Coûts de la prolongation de la ligne bleue de Montréal (Remarque de Monsieur Renaud)

On ramène souvent les coûts de la prolongation de la ligne bleue de Montréal comme un contre-argument aux coûts avancés par le Collectif. Or, les coûts annoncés par la STM sont critiqués et constamment mis en doute, eux-mêmes comparés aux coûts finaux de la prolongation de la ligne orange vers Laval en 2010 (180 M\$/km en dollars de 2020). D'ailleurs, la STM a fait remarquer à plusieurs reprises que les estimations finales pourraient être revues à la baisse.

La STM estime les coûts du prolongement à 3.9 G\$ pour couvrir 5.8 km, soient 672 M\$/km.

Les coûts estimés incluent les éléments suivants :

- Directement reliés au métro :
 - La construction du tunnel;
 - La construction de 5 stations;
 - La construction de 6 structures auxiliaires
- Indirectement reliés :
 - 2 terminus d'autobus
 - 1 stationnement incitatif
 - 1 tunnel piéton
 - 1 poste de district
 - 1 garage
 - 1 centre d'attachement
 - 1 centre de services des infrastructures

Les informations disponibles et partagées par la STM permettent d'établir les budgets tels que présentés au Tableau 4 et au Tableau 5 :

Tableau 4 - Coûts directement associés au prolongement de la ligne bleue

PROLONGATION LIGNE BLEUE			<i>Hypothèse: 1 tunnel de 9.0m</i>	
Coûts directement associés au métro				
Construction	<i>Quantité</i>	<i>Unités</i>	<i>M\$ / unité</i>	<i>Total (M\$)</i>
Tunnels				458.212 \$
Prolongation prévue	5.8	km	79.002 \$	458.212 \$
Stations				532.000 \$
Prévues incluant édifices suppl.	5	Stations	88.600 \$	443.000 \$
Stations auxiliaires	6	stations	14.833 \$	89.000 \$
Rames				135.000 \$
Voitures de type azur	5	Rames	27.000 \$	135.000 \$
Garages				- \$
Incluant les frais d'acquisition	0	bâtiments		- \$
TOTAL CONSTRUCTION				1,125.21 \$
Autres frais	<i>Quantité</i>	<i>Unités</i>	<i>\$ / unité</i>	<i>Total</i>
Ingénierie	5.9%	Selon AFG	1,105.21 \$	66.599 \$
Architecture	8.0%	S.F.	532.000 \$	42.56 \$
Contingences	15%	S.F.		168.78 \$
TOTAL AUTRES FRAIS				277.94 \$
TOTAL PROJET				1,403.15 \$
Couts au km	5.8	km		241.92 \$

Source: STM

Tableau 5 - Coûts indirectement associés au prolongement de la ligne bleue

PROLONGATION LIGNE BLEUE			<i>Hypothèse: 1 tunnel de 9.0m</i>	
Coûts indirectement associés au métro				
Construction	<i>Quantité</i>	<i>Unités</i>	<i>M\$ / unité</i>	<i>Total (M\$)</i>
Tunnels				69.000 \$
Tunnel accès SRB Pie XII	1	Unités	69.000 \$	69.000 \$
Garages				419.000 \$
Nouveau garage	1	Unité	257.000 \$	257.000 \$
Centre d'attachement	1	Unité	112.000 \$	112.000 \$
Centre services infrastructures	1	Unité	50.000 \$	50.000 \$
Édifices				25.000 \$
Poste de district	1	Unité	25.000 \$	25.000 \$
Terminus Autobus	2	Unités	2.000 \$	4.000 \$
Stationnement				- \$
Stationnement incitatif 1200 places	0	bâtiments	50.000 \$	- \$
TOTAL CONSTRUCTION				513.00 \$
Autres frais	<i>Quantité</i>	<i>Unités</i>	<i>\$ / unité</i>	<i>Total</i>
Ingénierie	5.9%	Selon AFG	493.00 \$	30.478 \$
Architecture	8.0%	S.F.	419.000 \$	33.52 \$
Contingences	15%	S.F.		76.95 \$
Frais financiers				617.00 \$
Réserve pour risques				403.00 \$
Frais potentiels mode réalisation				344.00 \$
Acquisition terrains				302.00 \$
TOTAL AUTRES FRAIS				1,806.95 \$
TOTAL PROJET				2,319.95 \$
Couts au km	5.8	km		399.99 \$

Source: STM

On tire de ces tableaux les constats suivants :

1. Les coûts totaux (directement et indirectement associés) sont répartis sur 5.8 km. Tout coût additionnel aura donc une amplitude relativement grande sur le ratio au kilomètre livré.
2. La STM profite du projet pour :
3. Se doter de nouveaux garages et centres d'attachement et de service
4. Se doter d'un complexe administratif;
5. Doter le réseau de deux terminaux d'autobus;
6. Doter le réseau d'un souterrain de jonction au SRB.
7. La portion de coûts et de provisions pour financement est élevée;
8. Le stationnement incitatif sur des terrains à Anjou représente un investissement majeur, particulièrement en raison de la valeur des terrains à exproprier.

Pour le moment, plusieurs questions restent en suspens. Les critiques d'ingénieurs, d'experts et de journalistes spécialisés abondent tous dans le même sens : le projet est surévalué, probablement en comparaison avec la ligne de Laval qui, à l'époque, avait été sous-évaluée.

3- Les coûts du tunnel de Québec sous le quartier St-Jean-Baptiste (question de Monsieur Renaud)

Seule la Ville est en mesure d'expliquer pourquoi les coûts du tunnel sous le Quartier St-Jean-Baptiste ont explosés. Prévus à hauteur de 150 M\$/km, on parle maintenant de 350 M\$/km.

Nous ne pouvons que supposer les raisons qui sous-tendent cette augmentation et les partager avec vous :

- 1- Le tunnelier n'est pas la solution retenue par le Bureau de projet. Les préférences exprimées par le Bureau de projet sont :
 - a. Tranchées ouvertes. Cette technique est dispendieuse et requerra l'utilisation d'explosif. Le calcul des coûts doit donc entre autres tenir compte des éléments suivants :
 - i. Les risques de dommage aux bâtiments du quartier St-Jean-Baptiste et de la Colline parlementaire;
 - ii. Le besoin de créer des voûtes bétonnées de soutien des infrastructures routières (cycle de vie 50 à 60 ans);
 - iii. Les coûts de renforcement des parois des tranchés, étançonnage et autres supports permanents ou temporaires;
 - iv. Déviation temporaire des services d'utilités publiques;
 - v. Déviation temporaire des services d'aqueduc et d'égouts.
 - b. Creusage par haveuse. Cette technique est connue dans le secteur des mines et souvent utilisée pour la réalisation de galeries non circulaires sur de petites distances. Cependant, cette méthode est plus lente qu'un tunnelier et requière, lorsqu'utilisée dans la construction de tunnels, des interventions supplémentaires telles que :
 - i. Renforcement temporaire de la voûte pendant l'excavation au droit de la haveuse;
 - ii. Renforcement de la voûte par insertion de boulons d'ancrage, d'installation de filet de métal et de projection de béton maigre afin d'assurer la sécurité et le maintien des parois;
 - iii. Coffrage et bétonnage in situ des parois finales du tunnel.
 - c. Le dynamitage souterrain. En début de séance le 5 août, les représentants de la Ville ont expliqué que le dynamitage était une option envisagée. À proximité des fondations de bâtiments centenaires, les risques sont relativement élevés

de provoquer des fissures, etc. Les coûts estimés, par conséquent, devraient inclure des provisions substantielles pour réparations et dédommagements. Ces sommes réservées augmentent donc les coûts de mise en œuvre. La Ville pourrait vous éclairer sur cet aspect.

- 2- Les coûts de la reconfiguration des services de télécommunications et d'électricité souterraine, incluant les postes souterrains de relais, les transformateurs de moyens et bas voltages, etc.
- 3- Les supports temporaires et permanents requis pour solidifier les parois de chaque côté de la côte d'Abraham.

Nous suggérons à la Commission d'adresser la question directement à la Ville afin de connaître :

- 1) Les bases de l'estimation (les comparables, les méthodes, etc.)
- 2) Les provisions pour réparations de dommage aux édifices et aux infrastructures;
- 3) Les provisions pour les coûts de réaménagement des services publics;
- 4) Les provisions pour couvrir les risques associés aux tranchées ouvertes et au travail en galeries (haveuse).

Conclusions

Nous comprenons que la Commission s'inquiète des coûts associés au Métro. Malheureusement, au cours des 28 derniers mois et afin d'éviter de produire des études comparatives et des études coûts bénéfiques rigoureuses, la Ville s'est ingéniée à disséminer des renseignements et des chiffres qui n'ont pas été qualifiés, questionnés ou validés. Par conséquent, les chiffres mêmes avancés par la Ville en support à son projet doivent être questionnés et validés car souvent présentés hors contexte ou manipulés afin de se conformer et de justifier le projet de Tramway.

Nous insistons : à 170 M\$/km, le tramway de Québec deviendrait le plus dispendieux au monde. À ce train, peut-être Québec joindrait-il Montréal dans la littérature spécialisée afin d'éduquer les professionnels en administration publique sur les erreurs à éviter.
