



Centre d'expertise
et de recherche
en infrastructures
urbaines

CONSEIL PERMANENT DES RÉSEAUX TECHNIQUES URBAINS

Rapport d'analyse de la valeur

Galeries Multiréseaux

Préparé par

Lucie Parrot, ing., CVS

En collaboration avec les membres du Comité Galerie Multiréseaux/CPRTU

Montréal

Le 08 janvier 2007

Sommaire

Le CERIU a pris connaissance d'une méthode européenne d'enfouissement des réseaux techniques urbains qui pourrait s'implanter au Québec de façon avantageuse. Les divers intervenants d'ici ont été contactés pour analyser cette méthode appelée galerie multiréseaux.

Pour rendre les intervenants tout à fait à l'aise avec cette différente façon de faire, le CERIU demande de faire une analyse de la valeur de la galerie multiréseaux. Cette analyse a pour but de familiariser les intervenants avec le concept de galerie multiréseaux et en déterminer la valeur dans notre contexte nord-américain.

L'analyse a d'abord trouvé, caractérisé et organisé les fonctions de la galerie. Ensuite, un scénario typique a été défini. La méthode de la galerie multiréseaux a été comparée à la méthode traditionnelle des tranchées individuelles et à la méthode des tranchées communes. Le but était de trouver la valeur de chaque méthode, soit la satisfaction des besoins par rapport au coût à payer pour satisfaire ce besoin.

La démarche a prouvé que les galeries multiréseaux ont beaucoup de valeur comme méthode d'enfouissement car elles sont très satisfaisantes au niveau des besoins à combler tout en étant de coût raisonnable, qui est même inférieur au coût des méthodes traditionnelles.

L'analyse de sensibilité du modèle de coût et de satisfaction des besoins a démontré qu'il faudrait que le coût de la galerie augmente d'environ 35% pour arriver au même niveau de valeur que la méthode la plus proche au niveau satisfaction des besoins, les tranchées communes.

Maintenant que la viabilité des galeries a été prouvée, il est important d'établir des critères d'implantation afin de déterminer les cas où il serait avantageux d'implanter une galerie et les critères de conception pour y vivre. Il faut aussi fixer les méthodes de gestion (accès, sécurité, frais communs) et former le personnel qui sera impliqué. Finalement, tous les partenaires sont d'accord pour effectuer un projet pilote, une fois les critères établis.

Table des matières

Sommaire	1
Liste des figures	2
Contexte	3
Contexte	3
Démarche	3
Résultats de la démarche	4
Phase 1 – Organisation	4
Objectif de l'étude	4
Participants	4
Dates des réunions.....	5
Phase 2 – Recherche d'information	6
Phase 3 – Analyse fonctionnelle et analyse des coûts.....	6
Phase 4 – Comparaison des diverses solutions possibles,.....	14
Phase 5 – Résultats de la comparaison et de l'estimation des coûts	25
Phase 6 – Analyse de sensibilité du modèle.....	27
Conclusion.....	28

Liste des figures

Figure 1 – Interacteurs de la galerie multiréseaux	7
Figure 2 – Cahier de charges fonctionnel.....	12
Figure 3 – Arbre fonctionnel détaillé	13
Figure 4 – Pondération des critères de comparaison des méthodes d'enfouissement.....	14
Figure 5– Coûts Approche traditionnelle d'enfouissement (tous les services).....	19
Figure 6 – Coûts de la galerie multi-réseaux (réseaux câblés seuls).....	21
Figure 7 – Coûts afférents aux réseaux d'égout et d'aqueduc	22
Figure 8 – Coûts de la galerie multi-réseaux proprement dite (seule)	23
Figure 9 – Estimation des coûts durant la vie utile du projet, 3 méthodes d'enfouissement	24
Figure 10 –Résultats de la comparaison des méthodes d'enfouissement.....	25
Figure 11 – Graphique de la valeur des 3 méthodes d'enfouissement.....	26
Figure 12 – Analyse de sensibilité des 3 méthodes d'enfouissement	27
Figure 13 – Graphique de la valeur avec sensibilité	28

Contexte

Le CERIU a pris connaissance d'un rapport européen (Guide pratique des galeries multiréseaux : Clé de sol, 2005) sur l'état de la situation des galeries multiréseaux en Europe. Ces galeries intéressent les intervenants canadiens mais un doute est soulevé sur la possibilité d'implanter ces galeries de façon rentable dans le milieu présent.

Le CERIU entreprend donc une démarche d'analyse pour montrer cette technologie aux divers intervenants locaux, leur faire comprendre les avantages et les inconvénients de cette technologie et identifier les coûts associés à cette technologie.

La méthodologie d'analyse de la valeur est la démarche suggérée pour cette intervention : elle permet d'identifier les fonctions à accomplir par le produit pour satisfaire les besoins des utilisateurs tout en analysant le coût pour le faire.

Dans ce contexte, la valeur est définie comme étant :

$$\text{Valeur} = \frac{\text{Satisfaction des besoins}}{\text{Coût}}$$

Démarche

L'analyse de la valeur consiste en un plan de travail standardisé qui a été légèrement modifié au cours des diverses réunions, pour répondre aux exigences du mandat.

Le plan de travail utilisé ici a consisté des phases suivantes :

Phase 1 – organisation de la démarche,

Phase 2 – recherche d'information,

Phase 3 – analyse fonctionnelle et analyse des coûts : recherche, caractérisation, organisation et valorisation des fonctions,

Phase 4 – comparaison des diverses solutions possibles,

Phase 5 – résultats de la démarche.

Phase 6 – analyse de la sensibilité du modèle

(La phase de créativité habituellement réalisée après la phase 3 n'a pas eu lieu étant donné que l'équipe voulait analyser 3 méthodes d'enfouissement actuellement utilisées, au lieu de trouver d'autres méthodes.)

Résultats de la démarche

Phase 1 – Organisation

Cette phase consiste à définir l'objectif à atteindre, à choisir les participants, et à fixer des dates d'atelier.

1.1 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de :

« Se familiariser avec le concept de galerie multiréseaux et en voir la valeur dans notre contexte nord-américain »

L'analyse permettra donc aux participants de mieux connaître les avantages et les inconvénients d'une galerie multiréseaux, de comprendre les fonctions qu'un projet de galeries multiréseaux a à accomplir, de prendre connaissance des coûts associés à un tel projet et de voir le niveau de satisfaction des besoins des intervenants dans un tel projet par rapport au coût.

1.2 Participants

Les personnes suivantes font partie du groupe de travail sur les galeries multiréseaux. Elles ont été présentes à un ou tous les ateliers ou encore ont été tenues informées, lors du déroulement du projet.

Nom	Entreprise
Denis Bordeleau	Bell
François Riopel	Genivar
Gaétan Blouin	Ville de Québec
Gérard Poirier	Ville de Laval
Germain Cheff	Gazifère
Jean Audet	Ville de Gatineau
Loyola Joseph	Ville de Longueuil
Louis Lespérance	Q I Montréal
Michel A. Boisvert	Université de Montréal
Michel Trépanier	Inrs-ucs
Trinh Minh	Hydro-Québec
Pierre Dubé	Commission des services électriques de Montréal
Pierre. Ménard	Vidéotron
Pierre Noiseux	Gaz Métropolitain
Robert. Marcil	Ville de Montréal
Serge A. Boileau	Commission des services électriques de Montréal
Wilner Morisseau	Genivar
Joseph Jovenel Henry	CERIU

L'atelier a été animé par madame Lucie Parrot, ing. CVS, consultante en développement de produits et analyse de la valeur.

1.3 Dates des réunions

Les réunions ont eu lieu aux dates suivantes :

- ◆ 2 juin 06 – analyse fonctionnelle
- ◆ 24 août 06 – évaluation multicritère des 3 méthodes
- ◆ 1 sept 06 – scénario et coûts des 3 méthodes
- ◆ 2 nov. 06 – présentation des résultats

Entre ces réunions avec l'équipe, Messieurs Henri du CERIU et Dubé de la CSEM se sont réunis avec madame Parrot, pour analyser les résultats des rencontres du groupe et pour préparer les rencontres suivantes.

Phase 2 – Recherche d'information

Le CERIU a préparé une présentation sur la situation en Europe concernant les galeries multiréseaux. Cette présentation qui a été inspirée du rapport de l'équipe de travail européenne a été faite aux participants lors de la première rencontre. De plus, le rapport lui-même était sur la table pour que les participants le consultent en cours de route, si besoin.

La démarche d'analyse de la valeur a aussi été expliquée aux participants pour les rendre plus confortables.

Phase 3 – Analyse fonctionnelle et analyse des coûts

La première étape est d'identifier les fonctions du produit. Plusieurs méthodes sont disponibles; la méthode de l'analyse de l'environnement a été utilisée. Elle consiste à situer le produit dans une « boîte noire » et identifier les interacteurs qui ont une influence sur la conception du produit ou qui sont affectés par ce produit.

Pour chaque interacteur, la relation qui le lie au produit à l'étude est décrite sous forme de fonctions : un verbe et un nom. Ceci permet de définir ce que la galerie multiréseaux doit faire pour les différents interacteurs.

Ces fonctions sont ensuite organisées dans un arbre fonctionnel (ou modèle fonctionnel) qui établit le lien logique entre toutes les fonctions. En effet, l'arbre relie les fonctions en les faisant répondre aux questions Comment? (en lisant vers la droite) et Pourquoi? (en lisant vers la gauche).

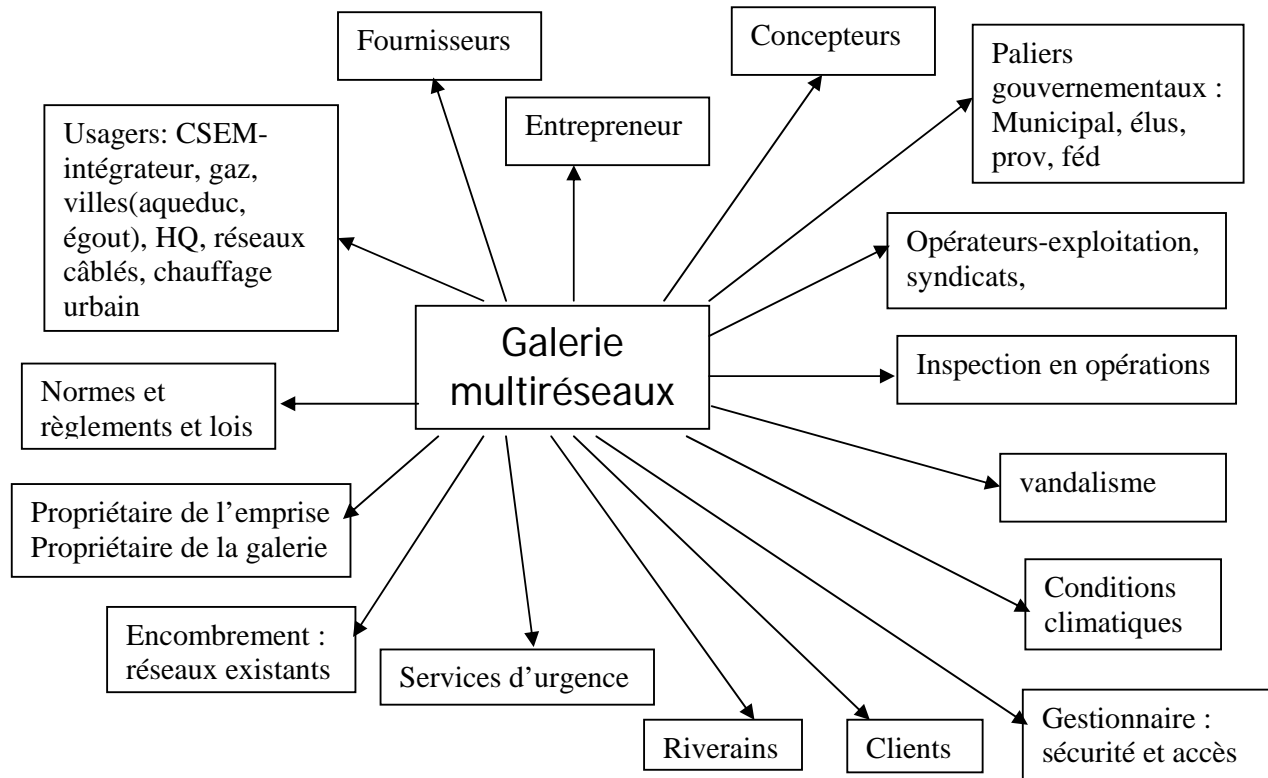


Figure 1 – Interacteurs de la galerie multiréseaux

Le modèle à la page suivante représente les résultats de la structuration des besoins. La racine de l'arbre est la mission même des galeries multiréseaux. Elle se trouve à la toute gauche de l'arbre. Elle se décrit comme étant :

« Intégrer tous les réseaux techniques urbains et les conduites d'eau potable et d'égouts et les réseaux privés d'une façon rentable, sécuritaire et harmonisée »

Les sept (7) branches qui s'en détachent représentent sept aspects de la galerie qui doivent être réalisés pour dire qu'on a réalisé la mission de la galerie.

Donc, on peut dire, tel qu'en fait foi le modèle fonctionnel de la page suivante : comment remplit-on la mission de la galerie? C'est :

1. en adaptant le concept de base,
2. en planifiant les programmes,
3. en concevant les galeries,

4. en construisant les galeries,
5. en installant les équipements dans les galeries,
6. en opérant les galeries et
7. en assurant la quiétude des clients.

Une fois les fonctions identifiées et structurées, il est possible de les caractériser c'est-à-dire de donner les caractéristiques pertinentes aux fonctions de façon à avoir des informations sur les critères de performance de chacune.

On retrouve à cet effet :

- ◆ le critère : ce qui sera mesuré ou observé en tant que performance de la galerie,
- ◆ le niveau : l'objectif à atteindre pour le critère en question.

L'ensemble de cette information constitue le cahier des charges fonctionnel, on le retrouve en entier à la figure 2 :

no	Fonction (verbe-nom)	Critère	Niveau
0	intégrer tous les réseaux techniques urbains, conduites d'eau potable, égouts et réseaux privés, d'une façon rentable, sécuritaire et harmonieuse		
1	adapter le concept de base		
1-1	adapter certaines normes actuelles	Normes à adapter	?le moins possible
1.1	adapter sa façon de déployer son réseau	groupes concernés méthodes concernées	ciblés installation et opérations
1.1.1	choisir les équipements appropriés	environnement taille et format	intérieur restreint à voir
1.1.2	identifier la vie utile des équipements		
1.1.3	développer des connaissances	expertise	aller chercher ou développer
1.1.4	adapter la mise à la terre		
1.2	adapter sa façon de remplacer son réseau		
1.3	adapter le monitoring (mode d'inspection) de leur réseau	aspects à monitorer	fuites d'air des câbles, fuites de gaz, fuites d'eau,
1.4	établir le protocole d'intervention de routine	protocole d'intervention protocole de sécurité	à définir technologie par technologie
1.5	établir le protocole d'intervention d'urgence	protocole d'urgence	conjoint
1.5.1	former le personnel d'intervention	technologies en présence	variées
1.5.2	divulguer l'information	particularités techniques localisation	accès et équipements
1.6	accepter la cohabitation (adhérer au concept)	obligation ou choix? discussion à avoir	avantages et inconvénients
2	planifier les programmes		
2.1	initier les projets		
2.1-1	convaincre les élus		
2.1-2	convaincre la population		
2.1.1	prévoir les futurs usages	prévisions	usagers nouveaux et besoins nouveaux
2.1.2	répondre aux préoccupations des riverains	types de préoccupations types de besoin	sécurité, environnement... en surface et en services
2.2	déterminer les coûts	types de coûts	directs et opportunités, investissements et exploitation
2.2.1	identifier les besoins macros		
2.2.2	comparer avec la méthode traditionnelle	rentabilité	secteur par secteur et dans l'ensemble
2.3	évaluer les avantages et inconvénients		
2.3.1	établir les avantages et inconvénients	types d'avantages inconvénients	sociaux, confort, facilité, environnementaux...?

no	Fonction (verbe-nom)	Critère	Niveau
3	concevoir les galeries	Modèle	universel et options
3-1	appliquer le concept de base		
3.1	intégrer les besoins des usagers	Durée	actuel et futurs (combien d'années?)
3.1+1	prévoir l'accès aux équipements		
3.1-1	respecter les normes		
3.1.1	identifier les besoins des usagers	espace services d'urgence	actuels et futurs (nombre d'années?) roulement de civières, cabinet d'incendie...
3.1.1.1	assurer l'étanchéité de son réseau	tolérance aux fuites vitesse de propagation des fuites	plus petite à contrôler: eau, gaz, égouts
3.1.1.2	minimiser les vibrations des conduites d'eau	coup de bélier	
3.1.2	s'approprier les normes des usagers	normes	gaz, eau, électricité, télécom... individuelles et en commun
3.1.3	coordonner les emplacements des équipements exclusifs		
3.1.3.1	identifier les gros équipements	taille et accès	
3.1.4	interfacer avec équipements hors galerie	localisation	souterraine et aérienne
3.2	valider son implantation		
3.2.1	tenir compte de la pente gravitaire		
3.2.2	choisir la localisation		
3.2.3	définir mode de croisement aux intersections	par ou passer	passer au dessus, en dessous ou à travers?
3.2.4	éviter les constructions actuelles souterraines	tunnels privés, corridors... dégagements minimum	
3.2.5	analyser les coûts		
4	construire la galerie		
4-1	surveiller les travaux		
4.1	s'équiper pour la construction		
4.2	s'approprier la technologie		
4.2.1	apprendre la technologie		
4.3	bâtir une équipe	expertise	qq. années
4.3.1	adapter sa main d'œuvre	formation	d'ici 1 an
4.4	exécuter les travaux		
4.4+1	être contact avec l'entrepreneur		

no	Fonction (verbe-nom)	Critère	Niveau
4.4-1	représenter le(s) propriétaire(s) de la galerie		
4.4.1	planifier les travaux		
4.4.2	financer les travaux	montage financier	
5	installer ses équipements dans la galerie		
5.1	coordonner les usagers		
5.1.1	s'implanter au moment approprié		
5.2	installer ses équipements		
5.2.1	protéger les équipements	lesquels	ceux en cours d'installation et ceux déjà là
5.3	se raccorder à l'existant		
6	exploiter la galerie		
6-1	minimiser les pertes de service		
6.1	administrer l' ensemble		
6.1-1	mandater un gestionnaire		
6.1.1	percevoir les dus		
6.1.1.1	départager les coûts	critère de partage	occupation volumétrique ou autre?
6.1.1.1-1	être juste et équitable		
6.1.2	payer les comptes		
6.1.3	faire rapport de sa gestion		
6.1.4	faire ses frais		
6.1.4.1	rencontrer les critères de rentabilité financière		
6.2	gérer les accès	en tout temps, même en présence d'équipes d'entretien	
6.2.1	respecter l'autonomie des usagers		
6.2.2	déterminer les mesures de contrôle des accès (santé et sécurité)	normes	espace clos
6.3	surveiller les installations		
6.3.1	contrôler les accès		
6.3.1.1	détecter les intrusions		
6.3.1.1-1	se protéger du sabotage		
6.3.2	inspecter les réseaux		
6.3.3	détecter les fuites et autres anomalies	format	patrouille motorisée vs in situ
6.4	entretenir la galerie		
6.4.1	assurer l'intégrité de la structure		
6.4.2	réparer la galerie		

no	Fonction (verbe-nom)	Critère	Niveau
6.5	réparer les équipements		
6.5-1	réagir aux déficiences		
6.5.1	former les équipes d'intervention	type de formation	en urgence, en travail normal
6.5.2	assurer des conditions de travail	salubrité et sécurité	atmosphère en condition normale ou opération de soudage
6.5.2.1	éclairer la galerie	type d'éclairage caractéristique	urgence, de travail... anti-déflagrant
6.5.2.2	aérer adéquatement	niveau d'aération	urgence, de travail...
6.5.2.2.1	éviter les infiltrations de gaz		
6.5.2.2.2	évacuer les gaz		
6.5.2.3	maintenir température	niveau de température	urgence, de travail...
6.5.2.4	maintenir la salubrité		
6.5.2.4.1	faire l'entretien ménager		
6.5.2.4.2	évacuer les eaux infiltrées		
7	assurer la quiétude des riverains et municipalités		
7-1	informer les riverains		
7.1	optimiser le service		
7.1.1	stabiliser le service	interruptions stabilité du service impact négatifs	moins accrue aucun
7.2	réduire la nuisance aux riverains et municipalités		
7.2.1	minimiser les interventions futures	une fois les travaux terminés	
7.2.1.1	minimiser les coupes de rues		
7.2.1.2	éliminer les pavages temporaires		
7.2.1.3	minimiser les nids de poule		
7.2.2	minimiser les impacts durant la construction	durée des travaux service maintenus	par rapport à l'actuel? sauf courte interruption?
7.2.3	permettre un embellissement		
7.3	améliorer l'utilisation du sous-sol		

Figure 2 – Cahier de charges fonctionnel

Il ne reste donc ici qu'à quantifier les coûts d'un projet de galerie multiréseaux et de découper ces coûts selon le modèle fonctionnel. Il a été difficile pour certains intervenants de structurer leurs coûts de cette manière mais une solution intéressante a pu être dressée en établissant un scénario typique.

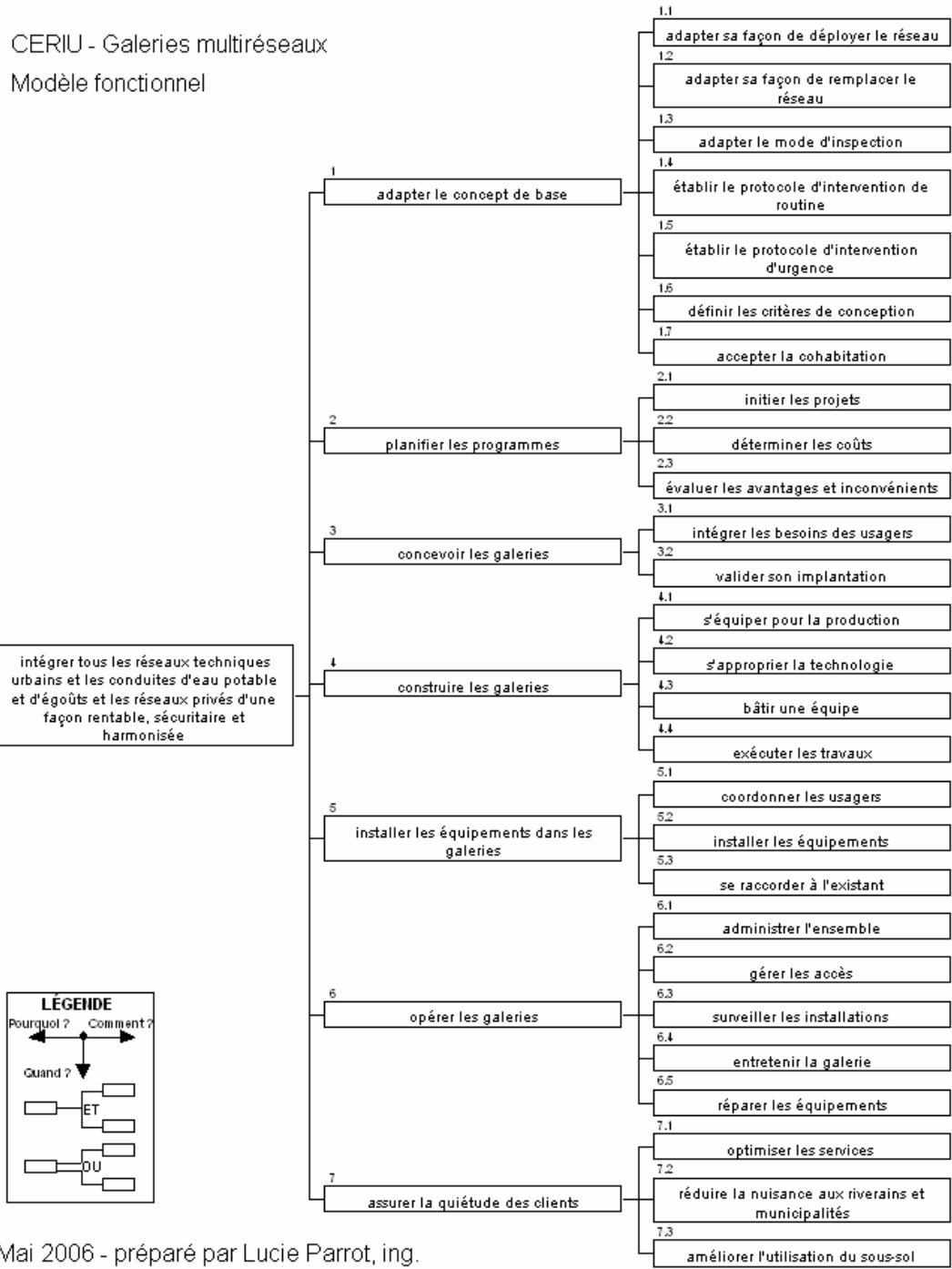


Figure 3 – Arbre fonctionnel détaillé

Phase 4 – Comparaison des diverses solutions possibles

Dans le but de connaître la valeur des galeries multiréseaux, il est intéressant de comparer cette méthode d'enfouissement à d'autres méthodes actuellement utilisées soit la méthode traditionnelle de tranchées et la méthode des tranchées communes pour plusieurs services. De cette façon, une comparaison relative des diverses méthodes sera obtenue.

Un tableau multicritères a été préparé. Pour faire la comparaison, les éléments à comparer ont été les fonctions de premier niveau du modèle fonctionnel. L'équipe cherchait donc à savoir laquelle des 3 méthodes à comparer se comportait le mieux au niveau des fonctions à réaliser. Par contre, les fonctions à réaliser n'ont pas toutes la même importance. Une pondération a été faite pour les situer les unes par rapport aux autres.

Le tableau de tri-croisé utilisé pour établir cette pondération se retrouve ci-bas.

	Planifier	Concevoir	Construire	Installer	Exploiter assurer Quiétude	Somme	pondération	
Adapter	2P	3CC	3CT	3I	3E	3Q	0	1
Planifier		1P	2CT	2I	2E	3Q	3	7
Concevoir			1CC	2I	2E	3Q	4	9
Construire				1CT	2E	2Q	6	13
Installer					2E	2Q	7	16
Exploiter						1E	13	29
assurer Quiétude							12	27

Figure 4 – Pondération des critères de comparaison des méthodes d'enfouissement

Par ce tableau, il est possible de constater que le critère le plus pesant dans le choix d'une méthode d'enfouissement est la possibilité de l'exploiter facilement. Tout juste derrière est

l'assurance de la quiétude des riverains, clients et municipalités. En troisième lieu, l'on retrouve la possibilité d'installer ces équipements facilement dans la galerie et la possibilité de construire

la galerie facilement. Finalement, viennent les aspects de conception, planification et adaptation des méthodes de travail.

Avec ces poids associés aux fonctions primaires, il a été possible de construire le tableau de comparaison suivant, où l'on retrouve les trois méthodes à comparer et les sept critères de comparaison auxquels sont associés les poids.

L'exercice a donc été effectué avec l'équipe de travail, pour situer, sur une échelle de 1 à 10, la position de chacune des 3 méthodes.

Par contre, il n'est pas possible de comparer les trois méthodes d'enfouissement de façon arbitraire. Un scénario représentatif d'un projet a donc été dressé. Il consiste en un projet de la nature suivante :

- ◆ 1km de long
- ◆ 75 ans de durée de vie
- ◆ riverains: type commercial et résidentiel
- ◆ refaire tout: égout, aqueduc, RTU
- ◆ bris d'aqueduc en cours de vie: 2
- ◆ arrachages en cours de vie : 1HQ, 2 gaz, 1 communications
- ◆ pavages temporaires : 4x
- ◆ renforcement de réseaux : 1
- ◆ ajout de clients: 25

L'équipe est d'accord pour dire que ce scénario est très conservateur. En effet, il y a des cas extrêmes où jusqu'à environ 14 interventions ont été faites en 3 ans sur un nouveau tronçon de réseau!

Finalement, pour faciliter les choses, certaines omissions ont été faites de façon tout à fait consciente et valable pour l'équipe. Les points suivants n'ont donc pas été considérés dans l'estimation du coût du scénario :

- ◆ évaluation des coûts effectuée en valeur présente
- ◆ durée de vie accrue des équipements dans un espace fermé et sec

- ◆ coûts d'entretien des équipements: détection, thermographie, réparation...

- ◆ coûts d'entretien de la galerie et des espaces communs
- ◆ coûts de gestion des accès centralisés et de la sécurité

Quelques uns de ces coûts sont significatifs aux yeux de certains participants. Ces coûts sont contributifs à avantager le concept de galerie! La durée de vie des équipements pourrait en effet doubler dans un milieu comme une galerie versus dans une tranchée et les coûts d'entretien des équipements seraient grandement réduits dans une galerie mais il est difficile de savoir combien. Quant aux coûts d'entretien de la galerie même et de la gestion des accès et de la sécurité seraient presque négligeables par rapport aux coûts des projets eux-mêmes, selon les participants aux ateliers.

4.1 Coûts de construction des trois scénarios

Les estimations détaillées des coûts de construction des trois scénarios sont ainsi ventilées dans les sections suivantes :

4.1.1 Évaluation des coûts de l'approche traditionnelle

Cet exercice tenant plus de l'évaluation budgétaire d'un projet théorique que de l'estimation précise d'une construction bien identifiée, l'approche retenue utilise des prix unitaires observés dans les pratiques courantes actuelles.

Ceux-ci ont fait l'objet d'une vérification et d'une validation auprès des partenaires des diverses entreprises RTU, afin d'assurer leur juste représentativité.

Les divers prix unitaires comprennent ainsi l'ensemble des coûts nécessaires à la complète réalisation de chacune des infrastructures ou équipements qu'ils désignent.

Approche traditionnelle d'enfouissement	Quantité/unité	Prix unitaire	Total
1. Téléphonie			
6 conduits PVC – 90mm Ø	1000 mètres	130\$ /m	130 000\$
6 puits d'accès	6 Puits d'accès	15 000\$/ch.	90 000\$
130 branchements (1 conduit, 5 mètres de longueur)	650 mètres	85\$/ m. lin.	55 250\$
Réfection de pavage (10 traverses de rue à 0,6 mètre de largeur, longueur 10 m/ trav.)	60 m. ca.	105\$/m.ca.	6 300\$
Réfection de trottoirs (1,5 mètre de largeur)	1500 m.ca.	115\$/m.ca.	172 500\$
Reprise du cours d'eau (pavage de 30 cm de largeur)	300 m. ca.	105\$/m.ca.	31 500\$
Sous total - Téléphonie			485 550\$

Approche traditionnelle d'enfouissement	Quantité/unité	Prix unitaire	Total
2. Câblodistribution			
1 conduit PVC – 90mm Ø	1000 mètres	70\$/m	70 000\$
100 branchements (1 conduit, 5 mètres de longueur)	500 mètres	85\$/m	42 500\$
Services électriques			
6 conduits de 100 mm Ø	200 m	165\$/m	33 000\$
9 à 12 conduits de 100 mm Ø	1125m	255\$/m	286 875\$
13 à 16 conduits de 100 mm Ø	400m	300\$/m	120 000\$
17 à 20 conduits de 100 mm Ø	425m	330\$/m	140 250\$
16 puits d'accès (conjoint) *	16 puits d'accès	24 500\$/ ch.	392 000\$
130 branchements (1 conduit, 5 mètres de longueur)	650 mètres	85\$/m	55 250\$
Réfection de pavage (conjoint) * (25 traverses de rue à 1m de largeur, 10 m /trav.)	250 m.ca.	105\$/m.ca.	26 250\$
Réfection de trottoirs (conjoint) * (1,5m de largeur, 2 côtés de rue)	3000 m.ca.	115\$/m.ca.	345 000\$
Reprise de cours d'eau (conjoint) * (30 cm de largeur, 2 côtés de rue)	600m.ca.	105\$/m.ca.	63 000\$
Sous total			1 574 125\$
Câblodistribution et services électriques			
3. Éclairage et signalisation			
1 conduit de 90 mm Ø (2 cotés de rue)	2000 mètres	35\$/m	70 000\$
40 bases de lampadaire	40 unités	650\$/ch.	26 000\$
Réfection de pavage à l'arrière trottoir (2000m à 30 cm de largeur)	600 m.ca.	55\$/m.ca.	33 000\$
Sous total - Éclairage et signalisation			129 000\$
4. Gaz			
1 conduite de 150 mm Ø	1000 mètres	205\$/m	205 000\$
100 branchements (1 conduite, 5 mètres de longueur)	500 mètres	50\$/m. lin.	25 000\$
Réfection de pavage (60 cm de largeur)	600 m.ca.	105\$/m.ca.	63 000\$
Sous total – Gaz			293 000\$
TOTAL			2 594 175\$

* : Câblodistribution et services électriques

4.1.2 Évaluation des coûts de l'approche traditionnelle avec tous les services

Approche traditionnelle d'enfouissement	Quantité/unité	Prix unitaire	Total
Approche traditionnelle RTU	1000 mètres		2 594 175\$
<u>Réseau d'égouts et d'aqueducs</u>			
Excavation (m.cu.)	17895 m. cu.	40\$/m.cu.	Inclus
Remblai classe A (m. cu.)	4475 m. cu.	45\$/m. cu.	Inclus
Remblai classe B (m. cu.)	9365 m. cu.	35\$/m. cu.	Inclus
Aqueduc 300mm *			
Fourniture et installation	1000 m	1 100\$/m	1 100 000\$
Aqueduc 150 mm *			
Fourniture et installation	50 m	120\$/m	45 000\$
Bornes fontaines *	8	8 000\$	64 000\$
Vanne 150 mm *	8	1 100\$/ ch.	8 800\$
Vanne 300 mm *	4	1 850\$/ch.	7 400\$
Chambre de vanne *	2	9 000\$/ch.	18 000\$
Égout sanitaire 375mm *	1000 m	1 200\$/m	1 200 000\$
Regard sanitaire M900 *	8	3 500\$	28 000\$
Égout pluvial 600 mm *	1000 m	1 700\$/m	1 700 000\$
Regard pluviaux M900 *	10	3 500\$	35 000\$
Puisard de rue *	20	9 000\$	180 000\$
Branchement 200mm au m. lin. *	200	175\$/m	35 000\$
Sous-total égouts et aqueducs			4 421 200\$
Grand total (tous les services)			7 015 375\$

Figure 5– Coûts Approche traditionnelle d'enfouissement (tous les services)

* : Éléments à inclure dans l'estimation des coûts de la galerie multi-réseaux complète.

4.1.3 Évaluation des coûts de l'approche Tranchée commune

Un montant approximatif de 220,000\$ a été identifié comme économie sur le bétonnage des conduits de la méthode de tranchée commune pour les projets concernés totalisant 1, 574,000\$ soit environ 15 %.

Le coût global des frais civils pour cette approche est ainsi porté à **6, 800,000\$**.

4.1.4 Évaluation des coûts de l'approche de la galerie multi réseaux pour les réseaux câblés seuls

L'évaluation des coûts a été rédigée en respect du dimensionnement identifié aux articles précédents. Les coûts prennent en compte la possibilité de regrouper les branchements latéraux des utilisateurs qu'offre cette approche.

Les divers prix unitaires comprennent, à l'instar de l'évaluation des coûts de l'approche traditionnelle, l'ensemble des activités nécessaires à la complète réalisation de chacun des ouvrages.

Galerie RTU	Quantité	Prix	Total
Excavation (3,9 mètres de profondeur X 2,6 mètres de largeur)	10 140 m.cu.	40\$/m.cu.	405 600\$
Remblayage en pierre concassée (2,6 mètres de largeur X espace couvert de 0,8 mètre et 30 cm de ch. côté de la galerie)	4 760 m.cu.	60\$/m.cu	285 600\$
Structure de béton de type préfabriqué y incluant livraison et installation (1,5 mètre de largeur x 2,3 mètres de hauteur libre) (voir annexe 2)	1000m. lin.	1 750\$/m. lin.	1 750 000\$
Cheminiée d'accès	3 un.	1500\$/un.	4 500\$
Supports (chemin de câbles) (2 ou 3 niveaux)	1000m. lin.	100\$/m. lin.	100 000\$
Branchements latéraux (5 mètres de longueur)			
100 branchements (Élec., Tél., Gaz, Câblo)	500m. lin.	165\$/m. lin.	82 500\$
30 branchements (Élec., Tél.)	150m. lin.	95\$/m. lin.	14 250\$
Réfection de trottoirs - pavage	1500 m. ca.	115\$/m.ca.	172 500\$
Reprise de cours d'eau (1000m à ,3m)	300 m.ca.	105\$/m.ca.	31 500\$
Conduite de gaz de 150 m Ø	1000m. lin.	145\$/m. lin.	145 000\$
TOTAL			2 991 450\$

Figure 6 – Coûts afférents aux réseaux câblés (seuls)

4.1.5 Évaluation des coûts d'installation des conduites d'égout et d'aqueducs

Ces coûts ont été évalués en posant comme hypothèse que les frais d'installation lors de l'implantation d'une galerie pourraient être comparables à ceux d'un chantier traditionnel, ce que nous présentons dans le tableau qui suit.

Coûts afférents au réseau d'égout et aqueduc	Quantité/unité	Prix unitaire	Total
Aqueduc 300mm *			
Fourniture et installation	1000 m	170\$/m	170 000\$
Aqueduc 150 mm *			
Fourniture et installation	50 m	115\$/m	5 750\$
Bornes fontaines *	8	4 800\$	38 400\$
Vanne 150 mm *	8	1 100\$/ ch.	8 800\$
Vanne 300 mm *	4	1 400\$/ch.	5 600\$
Chambre de vanne *	2	9 000\$/ch.	18 000\$
Égout sanitaire 375mm *	1000 m	210\$/m	210 000\$
Regard sanitaire M900 *	8	3 500\$	28 000\$
Égout pluvial 600 mm *	1000 m	280\$/m	280 000\$
Regard pluviaux M900 *	10	3 500\$	35 000\$
Puisard de rue *	20	2 100\$	42 000\$
Branchement 200mm au m. lin. *	200	175\$/m	35 000\$
Total égouts et aqueducs en galerie			1 044 400\$

Figure 7 – Coûts afférents aux réseaux d'égout et d'aqueduc

(Sources : coût unitaire Longueuil et Montréal).

4.1.6 Évaluation des coûts de l'approche de la galerie multi réseaux complète

Afin d'incorporer ces nouveaux services d'aqueducs et d'égouts la galerie doit subir des modifications tant au niveau de sa dimension que de sa capacité intérieure. Aussi, les volumes de déblais et de remblais doivent être ajustés en conséquence.

La position de ces deux nouveaux services et en prenant en considération l'aspect de la pente gravitaire essentielle pour le réseau d'égout ceci nous forcent à les positionner au fond de la galerie soit au niveau du plancher tout en permettant une variation en hauteur pour la dite pente. La profondeur théorique de la galerie devrait être augmentée de 0,7 mètre et la largeur de 1,1 mètre afin d'obtenir une hauteur libre finale de 4,6 m et une

largeur de 3,7 m, tout en maintenant le corridor de 1 mètre utile aux branchements de ces deux services publics ainsi ajoutés.

Galerie complète	Quantité	Prix	Total
Excavation (4,6 mètres de profondeur X 3,7 mètres de largeur)	17 020 m.cu.	40\$/m.cu.	680 800\$
Remblayage en pierre concassée (2,6 mètres de largeur X espace couvert de 0,8 mètre et 30 cm de ch. côté de la galerie)	5 240 m.cu.	60\$/m.cu.	445 400\$
Structure de béton de type préfabriqué y incluant livraison et installation (2,6 mètres de largeur x 3,0 mètres de hauteur libre)	1000m. lin.	2 579\$/m. lin.	2 579 000\$
Cheminée d'accès	3 un.	1500\$/un.	4 500\$
Supports (chemin de câbles) (2 ou 3 niveaux)	1000m. lin.	100\$/m. lin.	100 000\$
Branchements latéraux (5 mètres de longueur)			
100 branchements (Élec., Tél., Gaz, Câblo)	500m. lin.	165\$/m. lin.	82 500\$
30 branchements (Élec., Tél.)	150m. lin.	95\$/m. lin.	14 250\$
Réfection de trottoirs - pavage	1500 m. ca.	115\$/m.ca.	172 500\$
Reprise de cours d'eau (1000m à ,3m)	300 m.ca.	105\$/m.ca.	31 500\$
Conduite de gaz de 150 m Ø	1000m. lin.	145\$/m. lin.	145 000\$
TOTAL			4 255 450\$

Figure 8 – Coûts de la galerie multi-réseaux proprement dite (seule)

Ainsi le coût total d'une galerie complète y incluant les conduites d'égouts et d'aqueducs se présente de la façon suivante :

Coût de la galerie proprement dite	4 255 450\$
Coût afférent aux réseaux d'égout et d'aqueduc	1 044 400\$
Provision pour frais d'installation et autres frais	1 000 000\$
Grand total	6 299 850\$

4.2 Coûts d'entretien des trois scénarios

Les coûts des travaux d'entretien basés sur la durée de vie du projet-scénario sont définis ci-bas, en milliers de dollars. Le détail est fourni dans les sections précédentes.

SCENARIO UTILISE			Galerie multiréseaux	Méthode traditionnelle	Tranchée commune
bris d'aqueduc: 2			0	10	10
arrachages: 1HQ, 2 gaz, 1 communications			0	26	26
pavages temporaires 4x			0	16	16
renforcement de réseaux : 1			300	1400	1120
ajout de clients: 25			62,5	125	112,5
total			362,5	1577	1284,5

Figure 9 – Estimation des coûts durant la vie utile du projet, 3 méthodes d'enfouissement

Phase 5 – Résultats de la comparaison et de l'estimation des coûts

Les trois méthodes d'enfouissement ont été comparées entre elles selon les sept fonctions primaires à réaliser pour satisfaire les besoins des divers intervenants dans un projet d'enfouissement.

Les résultats sont présentés au tableau qui suit.

	poids	Galerie multiréseaux		Méthode traditionnelle		Tranchées communes	
Adapter	1	1	1	5	5	3	3
Planifier	7	3	21	2	14	2	14
Concevoir	9	4	36	2	18	3	27
Construire	13	1	13	3	39	4	52
Installer	16	5	80	2	32	2	32
Exploiter	29	5	145	1	29	2	58
Assurer la quiétude	27	5	135	1	27	3	81
Points Totaux			431		164		267
coût total			6,66		8,59		7,88
construction			6,30		7,02		6,80
durée de vie			0,36		1,58		1,28
Ratio de la valeur=			65		19		34

Figure 10 –Résultats de la comparaison des méthodes d'enfouissement

Ce tableau montre très bien que :

1. contrairement à la croyance du début du mandat, le coût de construction de la galerie multiréseaux n'est pas exorbitant à comparer aux autres méthodes

d'enfouissement, en fait, il est du même ordre de grandeur et même un peu plus bas.

2. les coûts à déboursier lors de la vie utile de la galerie sont significativement plus faibles que pour les autres méthodes.
3. le niveau de satisfaction du besoin en utilisant une galerie est beaucoup plus élevé qu'avec les autres méthodes (environ 2 fois plus)
4. le ratio de la valeur, calculé en divisant le niveau de satisfaction du besoin par le coût à payer, est beaucoup plus important pour la galerie que pour les autres méthodes.

Le tout est résumé dans le graphique suivant qui présente la valeur respective des trois méthodes d'enfouissement.

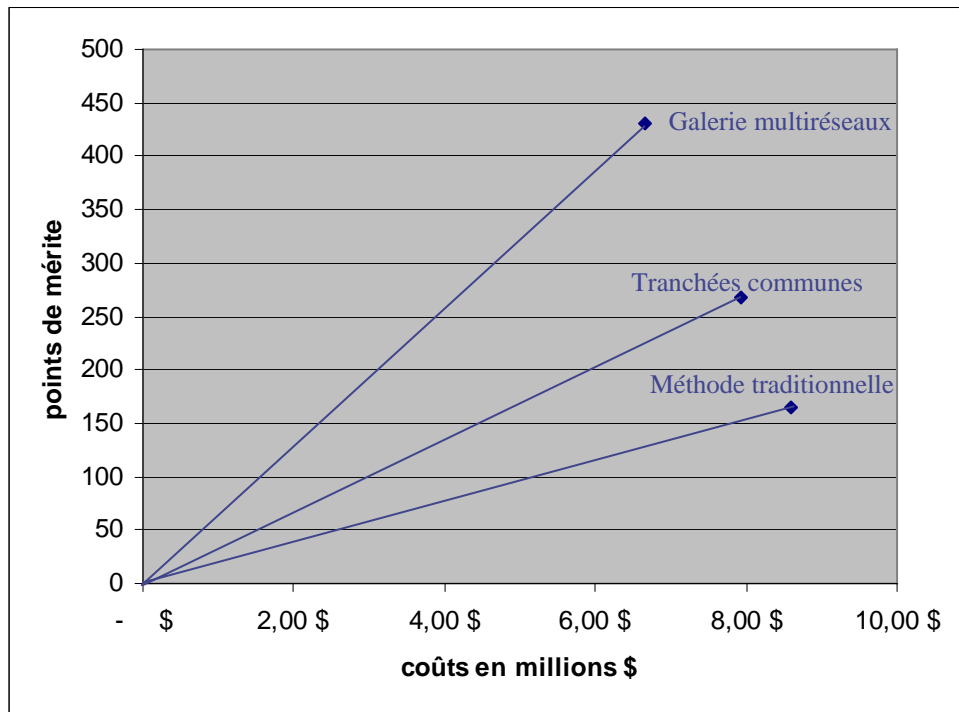


Figure 11 – Graphique de la valeur des 3 méthodes d'enfouissement.

Phase 6 – Analyse de sensibilité du modèle

En étant beaucoup plus sévère avec l'évaluation de la galerie multiréseaux par rapport aux autres méthodes, surtout dans les 3 dernières lignes (installer, exploiter et assurer la quiétude), on obtient quand même un avantage pour la galerie, même si elle se rapproche beaucoup des tranchées communes au niveau des points de satisfaction des besoins.

	poids	Galerie multiréseaux		Méthode traditionnelle		Tranchées communes	
Adapter	1	1	1	5	5	3	3
Planifier	7	3	21	2	14	2	14
Concevoir	9	3	27	2	18	3	27
Construire	13	1	13	3	39	4	52
Installer	16	3	48	2	32	2	32
Exploiter	29	3	87	1	29	2	58
Assurer la quiétude	27	3	81	1	27	3	81
Points Totaux			278		164		267
coût total			6,66		8,59		7,88
Construction			6,30		7,02		6,80
durée de vie			0,36		1,58		1,28
Ratio de la valeur=			42		19		34

Figure 12 – Analyse de sensibilité des 3 méthodes d'enfouissement

Malgré cela, la valeur de la galerie est encore très grande car le coût total de la galerie est toujours moins élevé que celui des tranchées communes. (voir point 1 dans le graphique suivant). Le ratio de la valeur est donc toujours plus élevé et sur le graphique de la valeur, la pente est toujours plus grande.

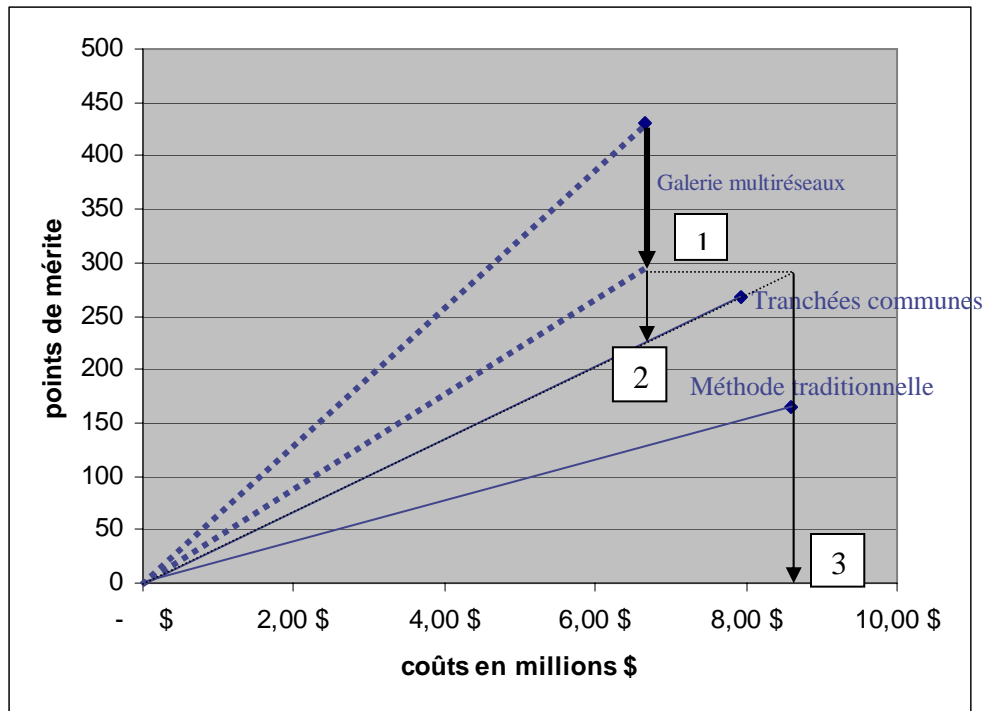


Figure 13 – Graphique de la valeur avec sensibilité

En fait, pour que la galerie perde de la valeur au point de se retrouver au même niveau que les tranchées communes, il faudrait soit qu'elle perde des points de satisfaction des besoins (mérite) jusqu'à environ 230 tout en gardant un coût de \$6,66 millions (point 2), soit que son coût augmente jusqu'à près de \$9 millions tout en conservant la même pente que la tranchée commune (point 3). La situation telle que décrite dans le scénario de base est loin de là.

Conclusion

L'analyse a permis de voir que la galerie a beaucoup de valeur quand il s'agit d'enfouir des réseaux techniques urbains. Elle ne coûte pas plus cher que les autres méthodes, au contraire. Surtout lorsqu'on tient compte du cycle de vie d'une galerie. Par contre, cette constatation est basée sur l'estimation d'un scénario et tout aussi représentatif qu'il soit, il n'est pas toute la réalité.

Plusieurs points restent à établir, maintenant que la viabilité des galeries a été démontrée.

Ils sont :

- ◆ Établir les critères d'implantation d'une galerie : il faut maintenant déterminer dans quels cas l'implantation d'une galerie est-elle recommandée. Est-ce uniquement basé sur des critères de coût? Y a-t-il des critères techniques tellement contraignants qu'ils empêchent l'implantation d'une galerie? À partir de quel volume de clients est-il intéressant d'implanter une galerie? Dans quels types de rues? Dans quels types de sol? Tous ces critères sont à déterminer. Ils devront aussi s'adapter à l'évolution des réseaux existants.
- ◆ Établir les règles de conception : à l'intérieur d'une galerie, il y aura des normes d'installation. Il ne sera pas possible pour les réseaux techniques urbains de s'installer n'importe où ou n'importe comment. Des règles sont à établir et à valider avec tous les intervenants.
- ◆ Définir les critères d'opportunité des projets
- ◆ Obtenir l'adhésion du personnel de toutes les entreprises RTU
- ◆ Choisir un projet pilote représentatif : il permettra de tester les critères d'implantation et les règles de conception. Ensuite, ces critères pourront être raffinés.
- ◆ Développer les principes de gestion : qui paie quoi, comment, quand? Sur quelle base les coûts communs seront-ils distribués? Qui va gérer les accès, la sécurité et l'entretien de la galerie?
- ◆ Former le personnel impliqué : les méthodes de conception de projets, les méthodes d'installation des équipements et les équipements eux-mêmes devront être adaptés. L'expertise européenne en la matière pourrait être mise à profit.
- ◆ Documenter tout le projet pilote : dans le but d'apprendre et de s'améliorer de projet en projet.