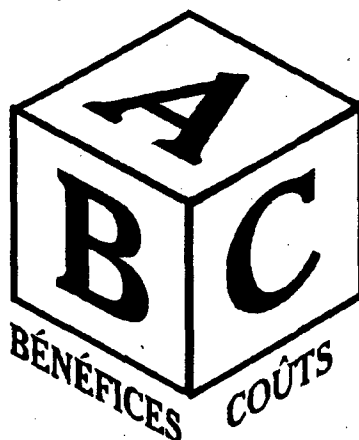
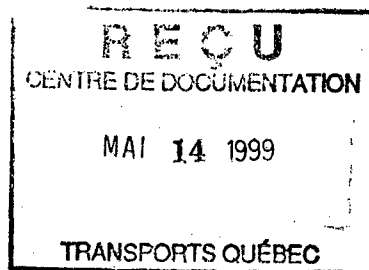


# ANALYSE



## **Modalités, externalités et prix de référence pour l'analyse bénéfices / coûts des projets en transport**

*Document de référence*

*Septembre 1991*

*Publication réalisée à la  
Direction générale du transport  
des personnes et des marchandises  
du ministère des Transports*

*Cet ouvrage a été préparé par  
le Service des études de réseaux en transport collectif*

***Coordination:***

*André Babin, analyste  
Erwin Roy, économiste*

***Analyse et rédaction:***

*Maryan Tremblay, étudiant*

***Collaboration à la rédaction:***

*André Babin, analyste  
Erwin Roy, économiste*

## Table des matières

<i>Introduction</i> . . . . .	1
<i>1. Le modèle</i> . . . . .	2
<i>2. Processus et méthodes de calcul des éléments</i> . . . . .	4
2.1. <i>Les effets directs et les externalités</i> . . . . .	4
2.2. <i>Les éléments monétaires</i> . . . . .	4
2.3. <i>Les éléments non monétaires</i> . . . . .	5
2.3.1 <i>Valeur associée au temps</i> . . . . .	5
2.3.2 <i>La valeur associée à la sécurité</i> . . . . .	6
2.3.3 <i>Valeur associée à la pollution</i> . . . . .	7
2.3.4 <i>La valeur associée au confort</i> . . . . .	8
2.3.5 <i>L'effet multiplicateur</i> . . . . .	8
<i>3. La procédure d'évaluation</i> . . . . .	9
3.1. <i>La définition des scénarios à étudier</i> . . . . .	9
3.2. <i>La sélection des paramètres de base</i> . . . . .	9
3.2.1 <i>Le taux d'actualisation</i> . . . . .	9
3.2.2 <i>L'horizon des projets</i> . . . . .	9
3.2.3 <i>Le nombre de modes considérés</i> . . . . .	10
3.3. <i>Le traitement et l'analyse des données</i> . . . . .	10
3.4. <i>L'analyse de sensibilité</i> . . . . .	10

4. Étude de cas . . . . .	12
4.1. Définition des scénarios . . . . .	12
4.2. Définition des paramètres de base . . . . .	12
4.3. Traitement et analyse des données . . . . .	15
4.3.1 L'évaluation des avantages et des coûts . . . . .	15
4.3.2 Les résultats . . . . .	18
4.4. Analyse de sensibilité . . . . .	18
 Bibliographie . . . . .	 B-1
 Annexe 1 Calcul de la valeur du temps . . . . .	 A-1
 Annexe 2 Calcul de la valeur de la pollution atmosphérique . . . . .	 A-4
 Annexe 3 Calcul de la valeur de la pollution auditive . . . . .	 A-8
 Annexe 4 Liste des éléments potentiels pour l'évaluation de projets en transport . . . . .	 A-9
 Annexe 5 Références bibliographiques . . . . .	 A-12

## Introduction

### Les objectifs

L'analyse bénéfiques (avantages) / coûts des projets de transport est quelquefois très complexe parce que les principaux avantages et inconvénients qui y sont associés sont souvent non monétaires. De plus, ces projets engendrent certaines externalités difficiles à évaluer.

L'objectif de ce document est de faciliter la réalisation des analyses avantages / coûts en transport. En particulier, nous développons un cadre permettant la prise en considération des avantages et des coûts non monétaires (temps de déplacement, fiabilité, confort) ainsi que des externalités (congestion, sécurité, pollution) dans l'évaluation des projets tels que:

- la construction ou la rénovation de routes;
- la construction ou le prolongement de lignes de métro;
- la construction ou le prolongement de lignes de trains de banlieue;
- l'établissement de voies réservées;

### Le contenu

Ce document se divise en quatre parties:

- la première partie présente le modèle;
- la seconde partie décrit les processus de calcul pour l'évaluation des différents éléments de l'analyse économique, pour les prix de référence et pour les externalités;
- la troisième partie traite des étapes dans l'utilisation du modèle;
- et la dernière partie illustre une application concrète et détaillée sur une étude de transport ainsi que des analyses de sensibilité effectuées.

Par ailleurs, une liste de coûts et d'avantages économiques possibles dans le cadre de projets en transport est présentée à l'annexe 4. Enfin, à l'annexe 5 on retrouve les références à toutes les formules, indices et prix considérés dans ce document.



## 1. Le modèle

L'analyse avantages / coûts permet d'évaluer différents projets reliés au transport et d'identifier le ou les meilleurs projets pour la collectivité.

Les avantages et les coûts qui caractérisent chacun des projets sont évalués dans une même unité monétaire. Toutefois, compte tenu que ces avantages et ces coûts ont des impacts différents dans le temps, il convient:

- d'exprimer les avantages et les inconvénients en dollars constants;
- et d'actualiser les différents flux monétaires.

De cette façon, les alternatives ou les projets qui génèrent des flux monétaires à différents moments dans la période de temps considéré pour l'étude sont comparés sur une même base.

Contrairement à certaines études où l'analyse de projets se fait sur une base financière, c'est-à-dire que les coûts et les avantages évalués ne s'appliquent qu'à l'entité gérant le projet, le modèle proposé a plutôt une vocation d'ordre économique. Les projets sont alors analysés du point de vue de la collectivité, en tenant compte des aspects suivants:

- les coûts directs (déboursés) et les revenus ou perte de revenus associés aux différents scénarios ou projets;
- les prix de référence des avantages et des inconvénients associés directement aux projets étudiés;
- et les externalités.

Afin de sélectionner la meilleure alternative pour la collectivité, il est nécessaire d'estimer et de comparer la valeur présente nette associée à chaque scénario.

Le modèle (l'équation de base) pour le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet en transport est le suivant:

$$VAN_p = \sum_{t=0}^T \sum_{m=1}^M \sum_{e \in U_{val}} \frac{V_{t,m,e}}{(1+i)^t}$$

$$\text{avec } V_{t,m,e} = \sum_{j=1}^{N_e} V_{m,e}(X_{t,m,j})$$

Où "p" est le scénario étudié; "t" représente une des "T" + 1 périodes considérées; "m" représente un des "M" modes considérés; "i" représente le taux d'escompte; "e" représente un élément ou aspect à considérer dans l'analyse du projet parmi l'ensemble des éléments monétaires et monétarisés "U<sub>val</sub>"; "V<sub>t,m,e</sub>" représente la valeur monétaire de l'élément "e" à la période "t" pour le mode "m", de valeur négative si l'élément est un coût et de valeur positive si l'élément est un avantage; "V<sub>m,e</sub>(X<sub>t,m,j</sub>)" est la relation entre le prix de référence et un ensemble de variables mesurant l'effet de l'élément "e" pour le projet décomposées en "N<sub>e</sub>" parties séparables (désagrégation) en vue d'obtenir la valeur monétaire de l'élément "e" pour la période "t" du mode "m".

Il est à noter que, dans le modèle d'analyse économique, les différents scénarios étudiés sont considérés comme des projets mutuellement exclusifs. L'analyse économique peut être effectuée selon la méthode classique ou la méthode des flux différentiels (méthode incrémentale). La méthode classique consiste à calculer la valeur présente nette de chacun des projets (ou des scénarios). De son côté, la méthode incrémentale calcule la valeur présente nette du différentiel de flux entre les scénarios étudiés et le scénario de référence qui représente l'état actuel et futur d'une situation dans le cas où aucun projet n'est mis de l'avant pour modifier celle-ci.

Dans une analyse d'ordre économique, les coûts consistent principalement dans les déboursés découlant de la réalisation des projets et des pertes occasionnées à la société ainsi qu'aux personnes directement affectées par le projet.

Les avantages sont composés des revenus provenant des tarifs imposés aux bénéficiaires du projet ainsi que des gains occasionnés à la société et aux personnes qui bénéficient directement d'un projet.

Le modèle tient compte des effets directs, positifs et négatifs, qui touchent les promoteurs et les bénéficiaires d'un projet ainsi que des impacts sur les autres intervenants affectés par le projet. Par exemple, les gains de temps encourus par les usagers d'une voie réservée sont des effets positifs évalués au même titre que les coûts contractés lors de sa mise en service ou de la congestion engendrée aux dépens des automobilistes.

Le modèle offre une très grande flexibilité. Il permet de tenir compte ou non des externalités. De plus, il propose des formules et des méthodes pour la monétarisation d'éléments non monétaires. Toutefois, l'analyste peut, s'il le désire, remplacer les formules et les méthodes de calcul proposées par ses propres estimations.

## 2. Processus et méthodes de calcul des éléments

Le modèle permet la prise en compte des effets directs et des externalités associés aux projets étudiés. Le modèle fournit un cadre permettant de traduire en termes monétaires certains éléments tels les gains de temps qui ne sont pas directement connus sous forme monétaire.

### 2.1. Les effets directs et les externalités

Certains des éléments affectent les bénéficiaires directs d'un projet, il s'agit des effets internes. D'autres éléments par contre affectent des personnes qui ne bénéficient pas directement du projet, il s'agit des externalités. L'approche recommandée dans la représentation de ces éléments est de définir le projet de façon à internaliser les effets externes. Le modèle proposé permet de tenir compte des impacts sur les différents modes de transport. À titre d'exemple, la congestion occasionnée par un projet de voie réservée aux autobus peut être traitée en tenant compte des modes "auto" et "camion" en plus du mode "transport collectif" autour duquel gravite la majeure partie du projet.

### 2.2. Les éléments monétaires

Les coûts sont généralement regroupés en deux grandes catégories:

- les coûts d'immobilisation (plan et devis, droit de passage, coût de construction) du projet et des mesures de dissuasion nécessaires pendant les travaux;
- et les coûts d'exploitation (coût d'entretien et coût d'opération) pour la période d'utilisation et pendant les travaux s'il y a lieu.

L'annexe 4 présente une ventilation des coûts généralement considérés dans les analyses en transport.

Les revenus résultent des tarifs imposés à la clientèle et peuvent aussi provenir d'autres sources (publicité, services spéciaux).

Le modèle permet d'effectuer les calculs relatifs à ces éléments selon le degré de raffinement des données associées à ceux-ci. À titre d'exemple, les revenus du mode "transport collectif" sont calculés en multipliant le tarif par l'achalandage. Le calcul peut être effectué soit en version agrégée en utilisant un tarif moyen et un achalandage



total, soit en version désagrégée en tenant compte de la structure tarifaire en vigueur et de la composition de la clientèle.

## 2.3. Les éléments non monétaires

Plusieurs des avantages et inconvénients directement associés aux projets de transport ainsi que certaines externalités ne peuvent pas être directement évalués sous forme monétaire. Afin d'en tenir compte dans l'analyse bénéfices / coûts, ces éléments doivent être d'abord ramenés en termes monétaires. À cette fin, le modèle propose des prix de référence (shadow price) permettant la monétarisation de ces éléments. Comme pour les éléments monétaires, les calculs peuvent être effectués selon le degré de désagrégation des données associées aux éléments non monétaires. Par ailleurs, l'analyste peut, s'il le désire, utiliser ses propres formules et les intégrer au modèle.

### 2.3.1 Valeur associée au temps

Les gains ou les pertes de temps représentent souvent une partie importante des avantages ou des coûts d'un projet en transport. Toutefois, la valeur unitaire du temps de déplacement n'est pas connue puisqu'il n'y a pas de marché où cette valeur est transigée. De plus, plusieurs avantages ou inconvénients associés aux projets de transport, telle la fiabilité ou l'imposition de correspondance, peuvent être ramenés à des gains ou à des pertes de temps afin de les monétariser.

Le modèle propose des prix de référence pour le temps selon le motif de déplacement et le mode de transport utilisé. Ils sont calculés pour chacun des modes en tenant compte de la distribution des déplacements selon les motifs et les taux horaires de rémunération de la main-d'oeuvre.

L'annexe 1 présente la méthodologie utilisée pour estimer la valeur du temps des différents modes de transport.

#### La fiabilité

La fiabilité est une composante de la qualité du service. Elle se reflète par la certitude qu'il n'y a pas de délais possibles qui pourraient entraver sporadiquement la régularité du service. La fiabilité est un exemple typique dans le calcul d'un élément non monétaire se basant sur un prix de référence. Ainsi, la fiabilité est exprimée par une variable de temps, en évaluant les gains engendrés par la diminution des délais possibles du service dans un projet donné.

## La congestion

Une des façons de représenter le coût de la congestion est de l'évaluer, comme dans le cas de la fiabilité, sous la forme d'un gain ou d'une perte de temps. Pour la méthode incrémentale, c'est la différence de temps de congestion entre le projet étudié et le scénario de référence multipliée par la valeur du temps calculée.

### 2.3.2 La valeur associée à la sécurité

Les problèmes de sécurité touchent souvent plusieurs aspects tels les accidents, les opérations et le vandalisme. Ce document ne traite que de la valeur associée aux accidents de la route.

La formule proposée pour calculer le coûts des accidents comprend trois composantes dont deux se rattachent à des éléments non monétaires : la valeur des blessures et celle des décès. La valeur des dommages matériels, la troisième composante, peut être directement calculée en terme monétaire. Les valeurs unitaires proposées proviennent de l'étude intitulée: "Analyse Avantages / Coûts de deux scénarios de desserte de la Rive-Sud en transport en commun" de Erwin Roy et Sylvain Sauvé.

Les dommages matériels occasionnés dépendent du type de véhicule impliqué. Ainsi, des valeurs unitaires différentes sont proposées pour les accidents impliquant des autobus et pour les accidents impliquant uniquement des automobiles.

Les coûts associés aux blessures tiennent compte de la valeur de la production perdue pour la durée de la convalescence des victimes, de celle de leurs proches ainsi que les frais médicaux et para-médicaux.

Les coûts associés à la mortalité incluent la perte de production moins la consommation que les victimes auraient effectuée de leur vivant, ainsi que la valeur de la production perdue par les proches et la différence des frais d'inhumation entre l'année «t» et leur valeur actualisée à l'année «t + 40». Il est à noter que la valeur de la douleur physique et morale n'est pas évaluée étant donné la problématique d'ordre philosophique sur cette question. Finalement, avec toute la polémique entourant la valeur que l'on devrait attribuer à la vie humaine, cet aspect n'a pas été abordé car nous pensons qu'il n'est pas du ressort des économistes de décider de la valeur attribuable à la vie. Par conséquent, seules les pertes nettes subies par la société sont évaluées.

En multipliant la valeur unitaire des dommages matériels par le nombre d'accidents, la valeur unitaire des blessures par le nombre de blessés et la valeur unitaire des mortalités par le nombre de décès, il est possible de calculer le coût des accidents pour chacun des scénarios.

### 2.3.3 Valeur associée à la pollution

Il existe plusieurs approches pour quantifier la pollution. Une première méthode consiste à calculer tous les coûts associés aux effets de la pollution. Une autre approche estime les coûts reliés aux dispositifs et équipements à mettre en place pour éviter l'émission des éléments polluants. Une troisième évalue les coûts des mesures ou systèmes à mettre en place afin d'éliminer, absorber ou réduire les quantités de polluants émis ou qui le seront. Cette dernière méthode est retenue comme proposition pour le calcul de la valeur associée à la pollution.

#### Pollution atmosphérique

Une diversité et une quantité considérable de particules et de substances chimiques sont émises chaque année par les véhicules motorisés. Comme il n'est pas possible de toutes les monétariser, nous avons tenté d'identifier celles ayant le plus grand impact sur l'environnement.

Contrairement à plusieurs études avantages-coûts effectuées auparavant, nous avons cherché à quantifier la valeur du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>). Les coûts associés à ce polluant sont estimés à partir des coûts liés à la plantation d'arbres qui permettent la fixation du carbone par le processus de la photosynthèse. Les coûts unitaires calculés peuvent varier selon l'emplacement choisi pour le reboisement. Par exemple, si on opte pour un reboisement au Québec, le coût unitaire pour chaque gramme de carbone fixé est environ 15 fois supérieur à celui estimé pour un reboisement au Guatemala. Deux facteurs expliquent cette différence. Il s'agit des coûts de reboisement par hectare au Québec et au Guatemala et des taux d'absorption des essences d'arbres concernés.

Les autres polluants atmosphériques considérés sont le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>). Les valeurs associées à ces polluants proviennent d'une étude américaine sur le sujet. Ils ont été ramenés en dollars canadiens. L'annexe 2 présente le détail des calculs effectués ainsi que les différentes références sur les méthodes utilisées pour l'estimation des coûts relatifs à chacun des éléments polluants.

#### Pollution auditive

Quant à la monétarisation des effets de la pollution auditive, notre équipe a choisi une méthode visant la réduction du bruit, plutôt que l'élimination du bruit directement à la source. Déjà en application dans plusieurs endroits et de plus en plus utilisés à travers le pays, les écrans anti-bruit se révèlent être un moyen efficace pour contrer cette externalité. Même s'ils ne permettent pas une réduction totale, ces écrans sont suffisants pour atténuer d'environ 10 décibels les bruits occasionnés par certains

modes de transport, en les ramenant à des niveaux plus acceptables. Les coûts et les données relatifs aux écrans anti-bruit sont présentés à l'annexe 3.

Mentionnons que, selon les experts, il faut d'importantes réductions de circulation (plus de 50%) pour obtenir des réductions significatives du bruit. Puisque que les projets de transport collectif ne génèrent souvent pas des réductions de trafic de cet ordre de grandeur, la différentielle de coût de la pollution auditive calculée selon cette méthode est souvent considérée comme négligeable. Toutefois, ce coût a un impact important dans le cas des projets de construction de nouveaux liens routiers ou d'implantation de grandes infrastructures.

### **Pollution visuelle**

Chercher à quantifier la pollution visuelle peut s'avérer assez fastidieux car il s'agit d'un élément faisant appel à une certaine subjectivité dans son évaluation. Pour certains économistes, la pollution visuelle est une externalité dont l'impact est très négatif. Pour d'autres, elle est considérée comme négligeable. Aucun prix de référence n'est proposé pour cette forme de pollution.

#### **2.3.4 La valeur associée au confort**

Le confort est l'une des principales composantes de la qualité du service. C'est par l'écart de tarifs entre ce que le passager paie présentement et ce qu'il serait prêt à déboursier pour un confort accru que sa valeur est estimée.

#### **2.3.5 L'effet multiplicateur**

Considéré comme un effet d'entraînement sur l'économie, l'effet multiplicateur est d'une grande complexité en termes économiques. Puisqu'il est préférable de le traiter cas par cas, nous rappelons simplement à l'utilisateur qu'il doit tenir compte de l'effet multiplicateur sans fournir une méthode d'approche. Il faut considérer l'effet multiplicateur avec une attention particulière car souvent, dans une analyse bénéfices / coûts, celui-ci est déjà calculé indirectement ou associé à un autre avantage. Si l'effet multiplicateur est facilement séparable, on peut l'aborder directement dans le modèle comme un élément au même titre que les coûts d'immobilisation.

### 3. La procédure d'évaluation

Les principales étapes dans l'évaluation économique de projets en transport sont les suivantes:

- la définition des scénarios à étudier;
- la sélection des paramètres de base;
- le traitement et l'analyse des données;
- et l'analyse de sensibilité.

Nous abordons sommairement au cours de ces sections certaines particularités liées au modèle tel qu'utilisé par les applications informatisées développées dans le cadre de cet ouvrage. Nous référons le lecteur au document intitulé "Les procédures informatisées pour l'analyse bénéfices / coûts de projets de transport - Guide d'utilisation" de André Babin.

#### 3.1. La définition des scénarios à étudier

La première étape consiste à définir les scénarios à étudier. En plus des projets envisagés, il convient de définir le scénario de référence qui représente le prolongement de la situation actuelle et qui servira de base à la comparaison.

#### 3.2. La sélection des paramètres de base

##### 3.2.1 Le taux d'actualisation

Comme le modèle sera généralement utilisé pour analyser des projets financés par des fonds publics, nous utilisons le taux d'escompte social Canadien de 10% en termes réels tel que calculé par Jenkins. Il est toutefois possible de changer la valeur du taux d'escompte puisqu'il est paramétrisé dans le modèle informatisé.

##### 3.2.2 L'horizon des projets

Généralement, les projets doivent être analysés sur la durée de vie des infrastructures et des équipements impliqués. Il est toutefois recommandé de ne pas dépasser un horizon de 30 ans. Pour ramener tous les projets étudiés à un même horizon, il faudra réinvestir ( remplacement, reconstruction, réparation majeure ) dans les projets ayant



une durée de vie économique inférieure à la période d'analyse retenue et/ou attribuer, s'il y a lieu, des valeurs résiduelles à la fin des vies utiles ou de la période d'analyse retenue.

### 3.2.3 Le nombre de modes considérés

Le modèle s'utilise soit en version unimodale ou en version multimodale. En fait, il n'y a aucune restriction quant au nombre de modes retenus. Cependant, l'utilisateur doit définir les modes à considérer. Il est conseillé de regrouper ensemble certains modes lorsque possible pour faciliter le traitement des données et éviter une trop grande multiplicité des fichiers de données pour le modèle dans le cadre des procédures informatisées.

## 3.3. Le traitement et l'analyse des données

Dans cette étape, il convient de quantifier les avantages et les coûts associés à chacun des scénarios pour chacune des années ou périodes considérées. En particulier, il faudra effectuer les traitements suivants:

- utiliser les prix de référence appropriés pour ramener en termes monétaires les avantages et les coûts non monétaires;
- déduire, s'il y a lieu les montants des taxes et des subventions reliées aux avantages et aux coûts (les taxes et les subventions constituent des transferts et ne doivent généralement pas être considérées dans l'analyse économique);
- ramener tous les montants en dollars constants par rapport à une année de base;
- procéder à l'actualisation des différents flux et au calcul de la valeur présente nette associée à chacun des scénarios. Les procédures informatisées permettent l'actualisation des flux sans intervention de l'utilisateur.

## 3.4. L'analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité s'avère être un outil utile pour vérifier si des variations significatives pour certaines variables et pour certains prix de référence peuvent changer radicalement les résultats.

Des procédures informatisées pour le modèle permettent à l'utilisateur de procéder à l'analyse de sensibilité numérique et graphique avec une grande facilité. Il s'agit de fournir pour l'analyse désirée : la variable impliquée, le pourcentage de variation du



pas autour de sa valeur actuelle ainsi que le nombre de pas. Il est donc possible d'obtenir une analyse sur toutes les variables du modèle si cela s'avère nécessaire.



## 4. Étude de cas

À titre indicatif, nous présentons un exemple d'application pratique du cadre d'analyse proposé. Il s'agit d'un projet d'établissement d'un service ferroviaire entre la région du sud-ouest de la rive-sud et l'île de Montréal.

### 4.1. Définition des scénarios

#### Le scénario de référence

Ce scénario représente la situation actuelle. Il considère les réseaux de transport collectif impliqués dans les déplacements s'effectuant de la région sud-ouest de la rive-sud vers l'île de Montréal (réseaux autobus du CITSO, du CITR, du CITHSL, ainsi que quelques lignes d'autobus et les lignes de métro de la STCUM).

#### Le scénario train

Ce scénario considère l'implantation d'un service ferroviaire entre Châteauguay et Montréal. Il y a 3 départs vers Montréal durant la période de pointe du matin. Les réseaux autobus des CIT concernés sont modifiés pour se rabattre aux stations de train. Les caractéristiques du service ferroviaire sont définies dans l'étude de faisabilité technique réalisée par la firme Alpha Beta Gamma.

#### Le scénario de base

Afin de simplifier les calculs, nous procédons par la méthode des flux différentiels. Le scénario de base, c'est-à-dire le scénario analysé, correspond à la différence entre le scénario train et le scénario de référence.

### 4.2. Définition des paramètres de base

Les paramètres de base (tableau 4.1) définis pour l'analyse sont les suivants:

- taux d'actualisation de 10%;
- horizon de 34 ans dont 30 ans après la mise en service du train;
- deux modes de transport considérés : le mode 1 représente le transport collectif et le mode 2 l'auto; ce dernier mode est considéré afin de tenir





## Tableau 4.1

### Définition des paramètres

Analyse bénéfiques / coûts			
<b>PARAMÈTRES</b>	Valeur		
Taux d'actualisation		0.10	
Périodes		34	
Modes		2	
Scénarios		1	
Éléments de VAN		8	
<b>IDENTIFICATION DES MODE</b>	Nom		
Mode 1	TC		
Mode 2	AUTO		
<b>MODÈLES DES SCÉNARIOS</b>	Titre	Fichier du modèle	Fichier de la VAN
Scénario de base	TC pour le corridor du pont Mercier	scen1.xls	van1.xls
<b>ÉLÉMENTS DE VAN</b>	Titre	Fichier scénario 1	
Élément de VAN 1	Coûts d'immobilisation	vanimm1.xls	
Élément de VAN 2	Coûts d'exploitation	vanexpl1.xls	
Élément de VAN 3	Economie d'exploitation (bus)	vanentr1.xls	
Élément de VAN 4	Revenus	vanrev1.xls	
Élément de VAN 5	Valeur du temps de déplacement	vantdep1.xls	
Élément de VAN 6	Valeur des accidents	vanacci1.xls	
Élément de VAN 7	Qualité du service (Confort)	vanconf1.xls	
Élément de VAN 8	Pollution atmosphérique	vanpol1.xls	

**Tableau 4.2**  
**Définition des formules**

MODE	TC			
VAN no.	Degré	Formule	Variables	Fichiers
1	1	=-acqui+resid	acqui resid	acqui1.xls resid1.xls
2	1	=-expl	expl	expl1.xls
3	1	=-entr	entr	entr1.xls
4	1	=(achal*tarif)	achal tarif	achal1.xls tarif1.xls
5	1	=vt*tdepl	vt tdepl	vt1.xls tdepl1.xls
6	3	=accival*accinom	accival accinom	accival1.xls accinom1.xls
7	1	=conf*depl	conf depl	conf1.xls depl1.xls
8	0			
MODE	AUTO			
VAN no.	Degré	Formule	Variables	Fichiers
1	0			
2	0			
3	0			
4	0			
5	0			
6	3	=accival*accinom	accival accinom	accival1.xls accinom1.xls
7	0			
8	4	=((polval*polqte/1000000)*(lkm/100*kmgain))	polval polqte kmgain lkm	polval.xls polqte.xls kmgain1.xls litrekm1.xls

compte des externalités associées au projet étudié (réduction de la pollution, réduction de la congestion, réduction des accidents);

- un scénario, c'est le scénario de base analysé;
- huit éléments considérés pour le calcul de la valeur actuelle nette (VAN).

### **4.3. Traitement et analyse des données**

#### **4.3.1 L'évaluation des avantages et des coûts**

Le tableau 4.2 présente les formules utilisées pour le calcul de la valeur des éléments associés à chacun des modes de transport considérés.

##### **Coûts d'immobilisation**

Les coûts d'immobilisation comprennent les coûts associés aux modifications qui doivent être apportées à l'infrastructure ferroviaire ainsi que ceux associés à l'aménagement des stations et à l'acquisition de l'équipement roulant. Ils ont été estimés par la firme Alpha Beta Gamma dans l'étude de faisabilité technique. Ils ont été ramenés en dollars de 1991.

Les coûts d'immobilisation sont estimés à 38,95 millions si on considère du matériel roulant usagé. Ils sont répartis également sur trois ans, soit la durée des travaux.

Une durée de vie de 40 ans a été retenue pour les travaux qui seraient effectués ainsi que pour les équipements et les matériels qui seraient acquis. De ce fait, une valeur résiduelle correspondant au quart de la valeur initiale (9,94 millions de dollars) est créditée à la fin du projet.

##### **Coûts d'exploitation**

Les coûts annuels d'exploitation ont été estimés par la firme Alpha Beta Gamma selon deux méthodes: une méthode basée sur le projet de loi C-97 et une méthode basée sur l'entente CP Rail et la Toronto Area Transit Operating Authority pour l'exploitation du service de Milton.

Compte tenu que le projet de loi C-97 soumis en première lecture en février 1986 n'a pas été adopté, les coûts estimés par la méthode conventionnée, à partir de l'accord de Milton apparaissent plus réalistes et ont été retenus dans le cadre de cette étude. Ils ont été cependant ramenés en dollars de 1991.

Les frais annuels d'exploitation comprennent les coûts directement reliés à l'exploitation ferroviaire tels l'opération des trains et l'entretien des voies et de la signalisation ainsi que les autres coûts d'exploitation tels l'entretien du matériel roulant et des stations et les frais d'administration. En dollars de 1991, ils sont évalués à environ 5,91 millions de dollars par année.

### **Réduction des frais d'exploitation des réseaux autobus**

La restructuration des réseaux d'autobus pour le scénario train à l'étude se traduit par une réduction de la prestation de service sur ces réseaux.

Cette diminution de l'offre sur les réseaux d'autobus implique une diminution des frais d'exploitation d'environ 1,27 millions de dollars par année.

### **Revenus additionnels**

L'étude de faisabilité technique réalisée par la firme Alpha Beta Gamma considère que 534 personnes délaisseront l'automobile en faveur du transport collectif si le service ferroviaire est implanté. Les revenus supplémentaires générés par cette nouvelle clientèle sont estimés à partir d'un revenu moyen de 1,31 \$ par déplacement et en tenant compte des deux périodes quotidiennes de pointe.

### **Gain de temps**

L'implantation d'un service ferroviaire permet une réduction du temps moyen de déplacement (de porte à porte) pour la clientèle actuelle des services de transport collectif ainsi que pour les automobilistes. Les gains de temps sont calculés à partir des résultats des simulations effectuées.

Les prix de référence utilisés pour la valeur du temps sont:

- 7,20 \$/heure pour les déplacements en transport collectif;
- 8,85 \$/heure pour les déplacements en automobile.

L'annexe 1 présente le détail des calculs

### **Réduction des accidents**

Un autre avantage du scénario train par rapport à la situation actuelle est une réduction du nombre annuel d'accidents. En effet, la restructuration des réseaux autobus implique une diminution du nombre de kilomètres parcourus annuellement par ces véhicules et de ce fait une réduction du nombre d'accidents. De plus, le transfert modal considéré au scénario train implique une diminution du nombre de kilomètres



parcourus annuellement par les automobilistes et de ce fait une réduction du nombre d'accidents.

Les prix de référence utilisés pour la valeur des accidents sont:

- pour les dommages matériels: 8 571 \$/accident impliquant un autobus et 3575\$ pour les accidents impliquant les automobiles;
- pour les blessures: 14 548 \$/personne;
- pour les décès: 10 863 \$/personne.

#### **Amélioration du niveau de confort**

Les usagers du train bénéficieront d'un confort accru par rapport aux usagers qui utilisent les réseaux autobus au scénario de référence. Cet avantage serait théoriquement reflété par le tarif plus élevé que les usagers seraient prêts à déboursier pour effectuer un même déplacement en train plutôt qu'en autobus.

En pratique toutefois, le tarif envisagé pour le service ferroviaire est identique à celui qui serait chargé par les services autobus pour un déplacement similaire.

Puisque le confort accru du service ferroviaire n'est plus reflété par un différentiel tarifaire, nous avons cherché à l'estimer à partir de l'écart qui existait en 1987 entre le tarif moyen du service ferroviaire sur la ligne Montréal-Saint-Hilaire et celui des services autobus. En dollars de 1991, cet écart tarifaire est évalué à 1,24 \$/déplacement.

#### **Réduction de la pollution**

Les scénarios étudiés impliquent une réduction des kilomètres parcourus par les autobus. Par contre, des locomotives fonctionnant au diesel seront mis en opération. La résultante des deux effets est probablement une diminution de la pollution. En effet, les polluants émis sont semblables mais il y aurait une légère diminution de la quantité émise. Toutefois, il s'agit d'un effet négligeable que nous n'avons pas estimé.

Par ailleurs, le scénario train implique une réduction du nombre de kilomètres parcourus annuellement par les automobiles ainsi qu'une amélioration de la fluidité de la circulation. Il y aurait une diminution de la quantité de carburant consommé et de ce fait réduction de la pollution.

La réduction de la quantité de carburant consommée a été estimée à partir d'un taux moyen de consommation de 13,57 l/100 km. Ce taux est calculé à partir de la

composition du trafic (auto et véhicule léger ) et des taux de consommation associés à ces deux catégories de véhicules.

Afin d'estimer la réduction de la pollution atmosphérique, les taux d'émission suivants ont été utilisés:

- gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) : 2 374 g/l;
- monoxyde de carbone (CO) : 163 g/l;
- hydrocarbures (HC) : 22 g/l;
- monoxyde d'azote(NO) : 16 g/l.

Les prix de référence utilisés pour la valeur des polluants atmosphériques sont:

- gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) : 755 \$/t;
- monoxyde de carbone (CO) : 7 000 \$g/t;
- hydrocarbures (HC) : 7 700 \$/t;
- monoxyde d'azote(NO) : 5 950 \$/t

L'annexe 2 présente le détail des calculs pour les taux d'émission et les valeurs associées aux différentes substances polluantes.

#### 4.3.2 Les résultats

Le tableau 4.3 présente le différentiel des flux pour chaque année ainsi que la valeur présente du différentiel des flux.

L'analyse des résultats indique que la situation actuelle est préférable au projet envisagé. En effet, ce projet occasionne des coûts supplémentaires à la collectivité québécoise. La valeur présente nette des coûts additionnels est évaluée à 41,8 millions de dollars si on considère de l'équipement roulant usagé.

#### 4.4. Analyse de sensibilité

Des prix de référence ont été utilisés afin d'exprimer certains avantages en termes monétaires. Pour limiter les incertitudes en ce qui a trait aux résultats de l'analyse



**Tableau 4.3**  
**Résultats de l'analyse bénéfiques / coûts**

TC pour le corridor du pont Mercier	1	2	3	4	5	6	7	8
Années:								
TC								
Coûts d'immobilisation	-\$12,984,536	-\$12,984,536	-\$12,984,536	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Coûts d'exploitation	\$0	\$0	\$0	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408
Economie d'exploitation (bus)	\$0	\$0	\$0	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290
Revenus	\$0	\$0	\$0	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770
Valeur du temps de déplacement	\$0	\$0	\$0	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700
Valeur des accidents	\$0	\$0	\$0	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018
Qualité du service (Confort)	\$0	\$0	\$0	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100
Total du mode	-\$12,984,536	-\$12,984,536	-\$12,984,536	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530
AUTO								
Valeur des accidents	\$0	\$0	\$0	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377
Pollution atmosphérique	\$0	\$0	\$0	\$4,562,341	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271
Total du mode	\$0	\$0	\$0	\$4,814,719	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649
Total	-\$12,984,536	-\$12,984,536	-\$12,984,536	\$2,625,189	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881
Total actualisé	-\$12,984,536	-\$11,804,124	-\$10,731,021	\$1,972,343	-\$843,441	-\$766,764	-\$697,058	-\$633,689

**Tableau 4.3**  
**Résultats de l'analyse bénéfices / coûts**  
(suite)

TC pour le corridor du pont Mercier	9	10	11	12	13	14	15	16
Années:								
TC								
Coûts d'immobilisation	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Coûts d'exploitation	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408
Economie d'exploitation (bus)	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290
Revenus	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770
Valeur du temps de déplacement	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700
Valeur des accidents	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018
Qualité du service (Confort)	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100
Total du mode	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530
AUTO								
Valeur des accidents	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377
Pollution atmosphérique	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271
Total du mode	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649
Total	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881
Total actualisé	-\$576,081	-\$523,710	-\$476,100	-\$432,818	-\$393,471	-\$357,701	-\$325,183	-\$295,621



**Tableau 4.3**  
**Résultats de l'analyse bénéfices / coûts**  
(suite)

TC pour le corridor du pont Mercier	17	18	19	20	21	22	23	24
Années:								
TC								
Coûts d'immobilisation	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Coûts d'exploitation	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408
Economie d'exploitation (bus)	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290
Revenus	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770
Valeur du temps de déplacement	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700
Valeur des accidents	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018
Qualité du service (Confort)	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100
Total du mode	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530
AUTO								
Valeur des accidents	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377
Pollution atmosphérique	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271
Total du mode	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649
Total	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881
Total actualisé	-\$268,746	-\$244,315	-\$222,104	-\$201,913	-\$183,557	-\$166,870	-\$151,700	-\$137,909

**Tableau 4.3**  
**Résultats de l'analyse bénéfices / coûts**  
(suite)

TC pour le corridor du pont Mercier	25	26	27	28	29	30	31	32
Années:								
TC								
Coûts d'immobilisation	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Coûts d'exploitation	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$5,910,408
Economie d'exploitation (bus)	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290	\$1,274,290
Revenus	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770	\$349,770
Valeur du temps de déplacement	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700	\$1,055,700
Valeur des accidents	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018	\$15,018
Qualité du service (Confort)	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100	\$1,026,100
Total du mode	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530	-\$2,189,530
AUTO								
Valeur des accidents	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377	\$252,377
Pollution atmosphérique	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271	\$702,271
Total du mode	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649	\$954,649
Total	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881	-\$1,234,881
Total actualisé	-\$125,372	-\$113,975	-\$103,613	-\$94,194	-\$85,631	-\$77,846	-\$70,769	-\$64,336

**Tableau 4.3**  
**Résultats de l'analyse bénéfices / coûts**  
(suite)

TC pour le corridor du pont Mercier	33	34	Total	Total actualisé
Années:				
TC				
Coûts d'immobilisation	\$0	\$9,936,678	-\$29,016,930	-\$35,091,840
Coûts d'exploitation	-\$5,910,408	-\$5,910,408	-\$183,222,648	-\$46,301,517
Economie d'exploitation (bus)	\$1,274,290	\$1,274,290	\$39,502,990	\$9,982,654
Revenus	\$349,770	\$349,770	\$10,842,870	\$2,740,062
Valeur du temps de déplacement	\$1,055,700	\$1,055,700	\$32,726,700	\$8,270,243
Valeur des accidents	\$15,018	\$15,018	\$465,565	\$117,651
Qualité du service (Confort)	\$1,026,100	\$1,026,100	\$31,809,100	\$8,038,360
Total du mode	-\$2,189,530	\$7,747,148	-\$96,892,353	-\$52,244,387
AUTO				
Valeur des accidents	\$252,377	\$252,377	\$7,823,696	\$1,977,097
Pollution atmosphérique	\$702,271	\$702,271	\$25,630,478	\$8,401,647
Total du mode	\$954,649	\$954,649	\$33,454,174	\$10,378,744
Total	-\$1,234,881	\$8,701,797	-\$63,438,179	
Total actualisé	-\$58,487	\$374,671		-\$41,865,642

économique, il convient de procéder à une analyse de sensibilité advenant des écarts significatifs par rapports aux valeurs retenues pour les différentes variables.

Une première analyse a porté sur les frais d'exploitation. On considère les situations où les frais d'exploitation associés au scénario train varie entre -25 % et +25 % par rapport à ceux considérés.

Une seconde analyse a porté sur l'augmentation de l'achalandage. On considère les situations où le gain d'achalandage associé au scénario de train varie entre -25 % et +25 % par rapport à celui considéré.

Une troisième analyse a porté sur la valeur du temps. On considère les situations où les valeurs unitaires utilisées pour ramener les gains de temps en terme monétaire varient entre -25 % et +25 % par rapport à celles considérées.

Une quatrième analyse a porté sur la valeur de la pollution atmosphérique. On considère les situations où les valeurs unitaires utilisées pour ramener les réductions des substances polluantes en terme monétaire varient entre -25 % et +25 % par rapport à celles considérées.

Le tableau 4.4 ainsi que les figures 4.1 à 4.4 présentent les résultats du scénario de base étudié ainsi que ceux des analyses de sensibilité. On constate que les résultats obtenus pour le scénario du train sont peu sensibles à des variations par rapport aux valeurs retenues pour les prix de référence utilisés pour le temps et la pollution atmosphérique. Par contre, ils dépendent beaucoup des frais d'exploitation. En effet, La valeur présente nette des coûts additionnels associés au scénario train varie entre 30,2 et 53,4 millions de dollars pour des frais annuels d'exploitation allant de 75% à 125% des montants considérés au scénario de base.

**Tableau 4.4**  
**Synthèse des analyses de sensibilité sur**  
**différentes variables**

Écart par rapport à la valeur retenue	Frais annuel d'exploitation	Gain de clientèle	Valeur du temps	Valeur de la pollution
-25%	-30 290 263 \$	-42 550 658 \$	-43 933 203 \$	-43 966 054 \$
-20%	-32 605 399 \$	-42 413 655 \$	-43 519 691 \$	-43 545 972 \$
-15%	-34 920 415 \$	-42 276 652 \$	-43 106 179 \$	-43 125 889 \$
-10%	-37 235 491 \$	-42 139 649 \$	-42 692 667 \$	-42 705 807 \$
-5%	-39 550 567 \$	-42 002 645 \$	-42 279 155 \$	-42 285 725 \$
<b>Résultat de base</b>	<b>41 865 642 \$</b>	<b>41 865 642 \$</b>	<b>41 865 642 \$</b>	<b>41 865 642 \$</b>
5%	-44 180 718 \$	-41 728 639 \$	-41 452 130 \$	-41 445 560 \$
10%	-46 495 794 \$	-41 591 636 \$	-41 038 618 \$	-41 025 478 \$
15%	-48 810 870 \$	-41 454 633 \$	-40 625 106 \$	-40 605 395 \$
20%	-51 125 946 \$	-41 317 630 \$	-40 211 594 \$	-40 185 313 \$
25%	-53 441 022 \$	-41 180 627 \$	-39 798 082 \$	-39 765 231 \$

Figure 4.1  
Analyse de sensibilité sur les frais d'exploitation ("expl")

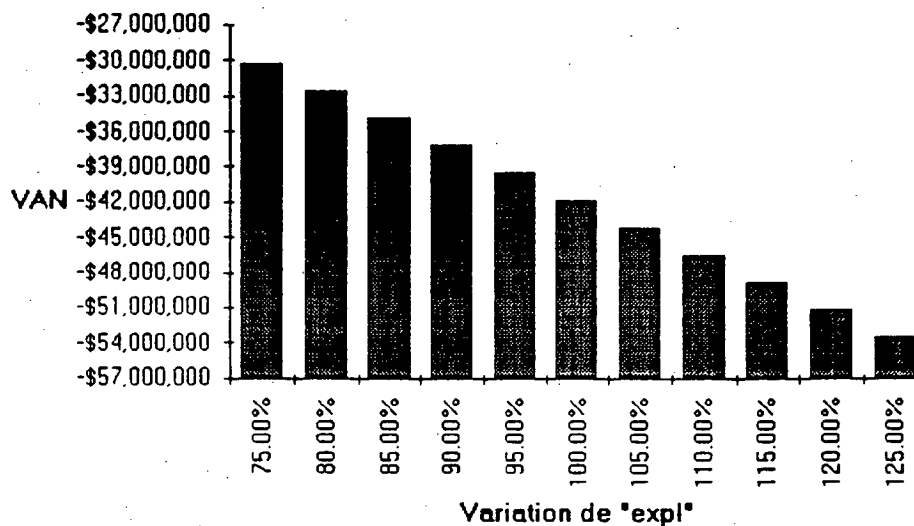


Figure 4.2  
Analyse de sensibilité sur les gains d'achalandage ("achal")

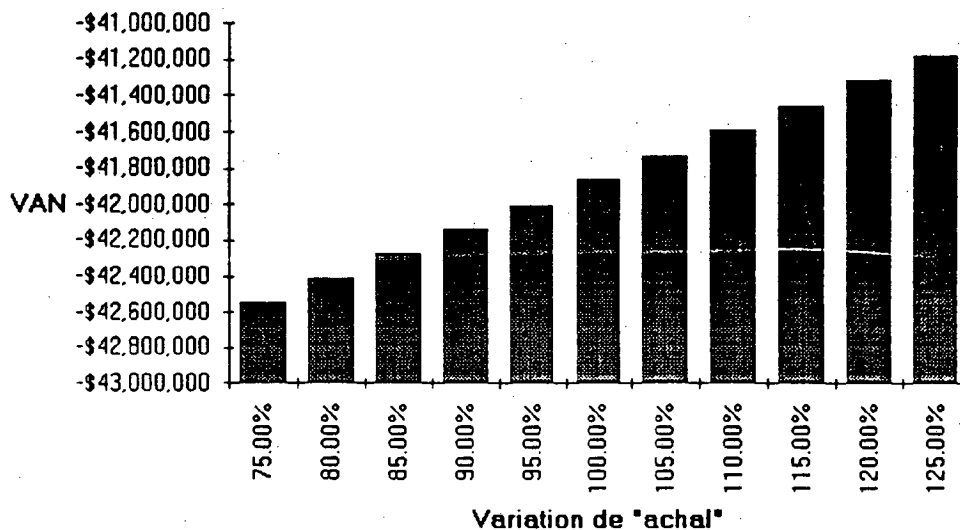


Figure 4.3  
Analyse de sensibilité sur la valeur du temps ("vt")

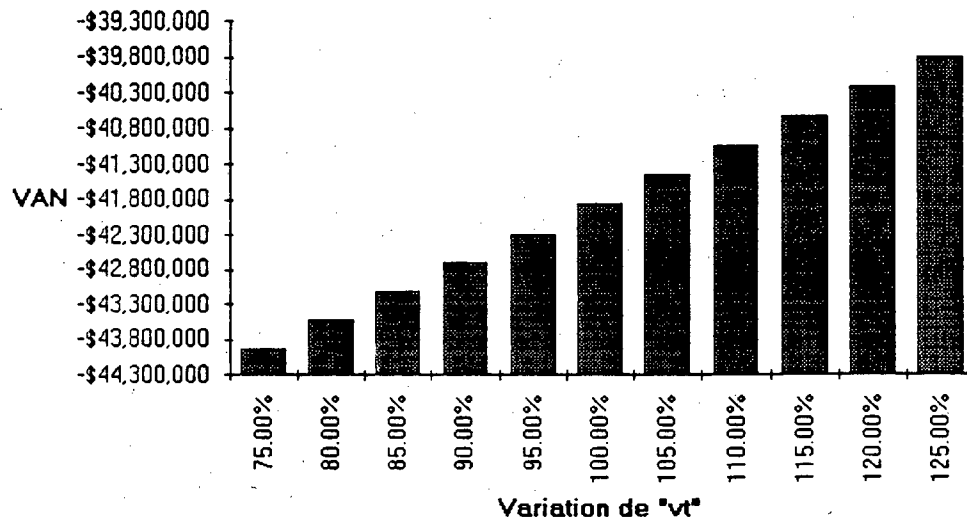
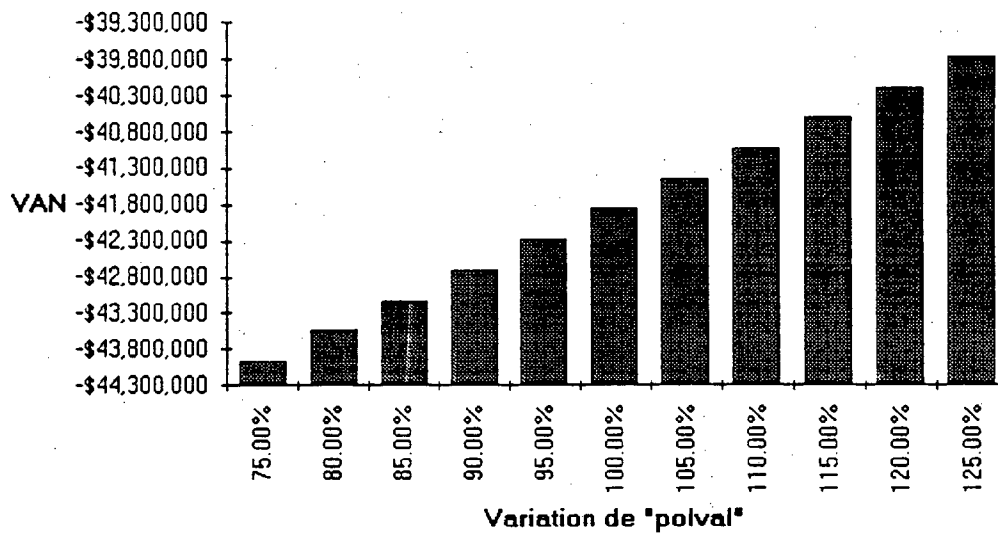


Figure 4.4  
Analyse de sensibilité sur la valeur de la pollution ("polval")



*Bibliographie*



Arthur D. Little, Can Telecommunications Help Solve America's Transportation Problems? A multiclient Study, Ref. 65740, Cambridge, Mass., february 1991.

Babin André, Les procédures informatisées pour l'analyse bénéfices/coûts des projets de transport, Guide d'utilisation, Service des études de réseaux en transport collectif, août 1991

Babin André, La desserte en transport collectif pour le corridor du pont Mercier, Document de travail, Service du développement des réseaux, M.T.Q., octobre 1990.

BC Transit, Transit and the Environment, april 1990.

Brown Lester R., L'état de la planète 1990, Economica, Paris, 1990.

Centre d'Études des technique économiques modernes, Coût Social des Transports Parisiens, Paris, 1977.

D.G.T.T.P., Étude de faisabilité technique d'un lien interrives dans les emprises ferroviaires existantes : ligne de Châteauguay au centre-ville de Montréal, M.T.Q., avril 1988.

D.G.T.T.P., Ligne Montréal/Deux-Montagnes. Scénario d'abandon de service, Rapport final, M.T.Q., août 1987.

D.G.T.T.P., Ligne de trains de banlieue Montréal/Saint-Hilaire. Étude avantages/coûts, Rapport Final, M.T.Q., septembre 1985.

D.G.T.T.P., Ligne Montréal/Deux-Montagnes. Scénario d'abandon de service. Évaluation technique et économique, Rapport synthèse, M.T.Q., août 1987.

DGT, CCE, Cost 302-Conditions techniques et économiques de l'utilisation des véhicules routiers électriques, Rapport final, Bruxelles 1987.

Dodgson J. S., Railway Costs and Closures, Journal of Transport Economics and Policy, september 1984.

Dugré Marcel, Roy Erwin, Tremblay Lucie, Évaluation de l'opportunité d'utiliser des minibus en transport collectif régulier, Rapport du groupe de travail, D.G.T.P.M., M.T.Q., avril 1991.

Environnement Canada, Inventaire Canadien des émissions des principaux contaminants atmosphériques (1985), Série de la protection de l'environnement, mars 1990.

Environnement Canada, Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987), Série de la protection de l'environnement, mai 1990.

Florida Department of transportation, Life-Cycle Cost Analysis for Transportation Projects, july 1990.

Gouvernement du Québec, Règlement sur la valeur des traitements sylvicoles, Gazette officielle du Québec, 3 avril 1991

Gregg Marland, Carbon Dioxide Emission Rates for Conventional and Synthetic Fuels, Institute for Energy Ananlysis, Oak Ridge, february 1983.

Hau Timothy D., Distributional Cost-Benefit Analysis in Discrete Choice, Journal of Transport Economics and Policy, september 1986.

Institut de Recherche des Transports, Consommation d'énergie et déplacements des voitures particulières en milieu urbain, Rapport de recherche, I.R.T. no. : 50, Accueil, septembre 1981.

Institute of Transportation Studies, FREO8PE : A Freeway Corridor Simulation and Ramp Metering Optimization Model, Research Report, , University of California, Berkeley, june 1985.

London Regional Transport, Bus Priorities in London, Final Report, Colin Buchanon & Partners, London, 1986.

McFarland William F., Chui Margaret, The value of travel time: new elements developed using a speed choice model, Transportation Research record 1116.

Mishan E. J., Cost-Benefit Analysis, new and expanded edition, Praeger, New York, 1976.

National Academy Press, Changing Climate, Report of the Carbon Dioxide Assessment Committee, Washington, 1983.

NCHRP, Procedures for estimating highway user costs, air pollution and noise effects, Report 133, 1972.

OCDE, Le coût social des transports terrestres, Monographies sur l'environnement, Paris, avril 1990.

Patten Robert, A fresh look at the visual impact of large vehicles, traffic and large urban roads, Transportation Planning Associates, Transport & Planning 15th, Summer Annual Meeting, september 1987.

Pellerin Guy, Roy Erwin, Trudeau Alain, Coût et caractéristiques d'une desserte ferroviaire à haute fréquence sans voie réservée aux autobus sur le pont Champlain, ligne Montréal-St-Hilaire-Est, M.T.Q., 1988

Postel Sandra, Heise Lori, Reforestation of the Earth, Worldwatch Paper, 83, april 1988.

Roy Erwin, Sauvé Sylvain, Analyse Avantages/Coûts de deux scénarios de desserte de la Rive-Sud de Montréal en transport en commun, Évaluation de projets, Université de Montréal, mai 1990.

Service de l'environnement, Analyse économique de la protection contre le bruit des routes, M.T.Q., 1984.

Shearin Guillaume, After benefit-cost analysis of the Elko, Nevada, railroad relocation, Transportation Research record 1197.

SNC/DeLuc, Étude de faisabilité d'un système de gestion de circulation pour les corridors autoroutiers A25/Métropolitaine/Décarie/pont Champlain, Étapes 3 & 4, Mises au point et évaluation des variantes de systèmes, Rapport final et annexes, janvier 1988.

Transport Canada, Environment Canada, A Plan to Identify and Assess Emission Reduction Opportunities From Transportation, Industry Engines and Motor Fuels, may 1989.

Transportation Development Centre, The Impact of Alternative Fuels on the Environment, Transport Canada, Montreal, novembre 1989.

Treasury Board of Canada, Benefit-Cost Analysis Guide, march 1976.

Ulberg Cy, Jacobson Kern, Evaluation of the cost-effectiveness of HOV lanes, Transportation Research record 1181, Washington 1988.

*Calcul de la valeur du temps*

*Annexe 1*

Pour ce calcul nous avons utilisé une méthodologie ontarienne, le modèle PPS (Priority Project System). Cette méthode consiste à pondérer la valeur du temps en fonction du motif de déplacement et du mode de transport utilisé. Ainsi, les déplacements ayant pour but un motif travail ont une valeur du temps supérieure à ceux ayant un autre motif.

## Temps de travail

A)	Rémunération hebdomadaire moyenne au Québec (1)	526.22 \$
B)	Moins impôt total (24,14%) (2)	127.03 \$
	Total (A-B)	399.19 \$

### Heures hebdomadaires moyennes

C)	Heures travaillées (3)	36.10 hres
D)	Temps de transport (41.18 min.(4) x 2 x 5 jrs)	6.86 hres
	Total (C+D)	42.96 hres

VTR)	Valeur du temps pour un déplacement motif travail	
	$(A-B)/(C+D)$	9.29 \$/hres

## Temps autre que travail

E)	Prévision revenu personnel disponible au Québec (5)	112 329 300 000 \$
F)	Prévision de la population du Québec (6)	6 811 800

G)	Revenu personnel disponible par habitant (E / F)	16 490 \$
----	--	-----------

**Heures par an non travaillées**

H)	Heures par an ( 24h/jr * 365 jrs/a )	8 760 hres
----	--------------------------------------	------------

I)	Heures travaillées ( 43.06 h/s * 52s/a)	2 239 hres
----	---	------------

	Total (H-I)	6 521 hres
--	-------------	------------

VAU)	Valeur du temps pour un déplacement autres motifs	
------	---	--

	G/(H-I)	2,53 \$/hres
--	---------	--------------

Le modèle PPS ( Project Priority System ) requiert une moyenne de la valeur du temps calculée en tenant compte du pourcentage des déplacements effectués dans un but de travail et du pourcentage des autres déplacements.

## Exemple de calcul pour Châteauguay

Nous présentons maintenant un exemple de calcul à partir du modèle PPS pour l'étude de cas sur Châteauguay. Nous énumérons dans le prochain paragraphe quelques données que nous avons recueillies dans le but de trouver une valeur du temps pour les résidents de Châteauguay qui se déplacent vers le territoire de la C.U.M.

La proportion des déplacements autobus pour motif travail, en période de pointe entre 5:00 et 8:00 AM, originant de Châteauguay vers l'île de Montréal (7) est 69.16 %. La proportion des déplacements autobus pour motif autre que travail, en période de pointe entre 5:00 et 8:00 AM, originant de Châteauguay vers l'île de Montréal (7) est 30.84 %. La proportion des déplacements automobile pour motif travail, en période de pointe entre 5:00 et 8:00 AM, originant de Châteauguay vers l'île de Montréal (7) est 93.52 %. La proportion des déplacements automobile pour motif autre que travail, en période de pointe entre 5:00 et 8:00 AM, originant de Châteauguay vers l'île de Montréal (7) est 6.48 %.

*Calcul de la valeur du temps*

**Valeur moyenne du temps de transport autobus** $VTR \times 69 \% + VAU \times 31 \%$  7.20 \$/hres**Valeur moyenne du temps de transport automobile** $VTR \times 94 \% + VAU \times 6 \%$  8.85 \$/hre

*Calcul de la valeur de la pollution  
atmosphérique (autos et véhicules  
utilitaires légers)*

*Annexe 2*



## Consommation d'essence

### Proportion de consommation d'essence des véhicules (8)

Auto	65,10 %
Véhicules utilitaires légers (v.u.l.)	27,51 %
Total	92,61 %

### Consommation totale d'essence au Québec pour 1985 (9)

6 582 028 196 litres

### Consommation totale d'essence au Québec pour 1987 (9)

6 651 383 444 litres

### Consommation des véhicules (auto et v.u.l.) au Québec pour 1985

$0.9261 \times 6\,582\,028\,196$  litres                      6 095 616 312 litres

### Consommation des véhicules (auto et v.u.l.) au Québec pour 1987

$0.9261 \times 6\,651\,383\,444$  litres                      6 159 846 207 litres

## Quantité de polluants émis

### Émissions de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) pour auto et v.u.l. au Québec en 1987 (10)

14 625 411 000 000 grammes / 6 159 846 207 litres                      2374.314 g/L

**Émissions de monoxyde de carbone (CO) pour auto et v.u.l. au Québec en 1985 (11)**

996 815 000 000 grammes / 6 095 616 312 litres 163.529 g/L

**Émissions d'hydrocarbures (HC) pour auto et v.u.l. au Québec en 1985 (11)**

134 079 000 000 grammes / 6 095 616 312 litres 21.995 g/L

**Émissions de monoxyde d'azote (NO) pour auto et v.u.l. au Québec en 1985 (11)**

98 922 000 000 grammes / 6 095 616 312 litres 16.228 g/L

**Valeur des Polluants****Calcul de la valeur du dioxyde de carbone (gaz carbonique) par le reboisement****au Québec**

Le processus pour le reboisement se fait en plusieurs opérations et implique différents coûts. Nous avons intentionnellement choisi la méthode la plus simple et la plus commune pour s'assurer qu'il n'y a pas surestimation dans les prix. (12)

- |    |  |                    |
|----|--|--------------------|
| 1) | Scarificateur à disques<br>(assumant aucun déblaiement nécessaire au préalable)  | 120 \$/ha          |
| 2) | Plantation<br>(avec préparation de terrain, ce qui est fait dans la plupart des cas, et utilisant des plants en récipients de 45 boutures pour s'assurer d'une croissance normale) | 165 \$/1000 arbres |
| 3) | Dégagement de la régénération<br>( dans 50% des cas, par phytocides terrestre, la méthode la plus utilisée)  |                    |
|    | 50% x 355 \$/ha  | 177.5 \$/ha        |

- |    |  |               |
|----|--|---------------|
| 4) | Coût des plants (minimum)                  | 0.15 \$/arbre |
| 5) | Hypothèse d'une moyenne de 2300 arbres/ha. |               |

*Calcul*

1) Scarificateur	120.00 \$/ha
2) Plantation	379.50 \$/ha
3) Dégagement	177.50 \$/ha
4) Arbres	345.00 \$/ha
Total	1022.00 \$/ha

**Taux de fixation du carbone pour l'épinette et le pin au Québec (13)**

369 000 grammes/ha/an

**Prix pour la fixation d'une tonne de carbone**

$1022 \text{ \$/ha} \times 1\,000\,000 \text{ grammes} / 369\,000 \text{ grammes}$       2769.65 \$/T

**Prix pour la fixation d'une tonne de gaz carbonique**

$(12 \text{ g} / 44 \text{ g}) \times 2769.65$       755.36 \$/T

**au Guatemala**

Les données sur le reboisement au Guatemala sont tirées d'un projet concret qui a vu le jour il y a quelques années. Il visait à compenser l'émission des 387 000 tonnes de

gaz carbonique dont est responsable une centrale thermique dans l'état du Connecticut. Le projet, d'une durée de dix ans coûte US \$16,3 millions.(14)

Prix pour la fixation d'une tonne de gaz carbonique au Guatemala:

$$\$16\,300\,000 \times 1.1668 (15) / 387\,000 \text{ tonnes} \qquad 49.14 \text{ \$/T}$$

### Calcul de la valeur des autres polluants

La valeur des autres polluants a été estimée dans une étude américaine de la firme Arthur D.Little Inc. Cette étude évalue les coûts des polluants en les ramenant en bénéfices pour la société, par l'évitement d'un large programme visant à réduire le taux des émissions de polluants jusqu'à des niveaux satisfaisants pour les autorités locales et nationales.(16)

#### Valeur des autres polluants

CO:	6 000 \$US/T x 1.1668	7 000.80 \$CAN/T
HC:	6 600 \$US/T x 1.1668	7 700.88 \$CAN/T
NO:	5 100 \$US/T x 1.1668	5 950.68 \$CAN/T

*Calcul de la valeur de la pollution  
auditive*

*Annexe 3*

Pour un écran de 4 mètres de haut permettant une réduction de 7 à 10 décibels, le coût par mètre était évalué à environ \$350 en 1981 ce qui représente \$587.81 en 1991 (17).

Selon M. Claude Girard, du ministère des transports du Québec, le coût moyen par mètre en 1991 pour le Québec est d'environ \$1,000. Toutefois, ce coût unitaire pourrait être réduit de moitié s'il y avait un vaste programme d'amménagement d'écrans anti-bruit (18).

*Liste des éléments potentiels pour  
l'évaluation de projets en transport*

*Annexe 4*

Cet annexe présente à titre d'exemple une liste des éléments qui peuvent être considérés dans l'analyse bénéfices/coûts. Ces éléments peuvent être des avantages ou des coûts selon les impacts des projets envisagés. Ainsi, les coûts des projets peuvent comprendre les déboursés monétaires associés aux projets, les coûts non monétaires (pollution) ainsi que les réductions des avantages monétaires (diminution de revenu) ou non monétaires (diminution du confort). Les avantages des projets peuvent comprendre les revenus et gains monétaires associés aux projets, les avantages non monétaires (gain de fiabilité) ainsi que les réductions des coûts monétaires (diminution des coûts d'exploitation) ou non monétaires (diminution de la congestion).

## 1.0 Les éléments monétaires

Les éléments monétaires sont constitués des déboursés et revenus associés aux projets ou scénarios. Une liste des éléments monétaires est présentée à titre d'exemple.

### 1.1 Coûts d'immobilisation

Ils peuvent regrouper les coûts suivants:

- coût de construction des infrastructures
  - études préliminaires;
  - plans et devis;
  - droits de passage et expropriation;
  - coût de construction, de modification
- coût des équipements
  - équipement de communication;
  - équipement de signalisation
- coût d'acquisition du matériel roulant
  - équipement neuf
    - achat
    - préparation
    - transport
  - équipement usagé
    - achat
    - remise en état, réparation,



- modification
- transport

- coût des mesures de mitigation à mettre en place pendant la construction

Il faut aussi tenir compte:

- du renouvellement des équipements;
- des réparations majeures à effectuer;
- de la valeur résiduelle à attribuer à la fin des vies utiles ou de l'horizon de l'étude

## 1.2 Coûts d'exploitation et d'entretien

Ils peuvent regrouper les coûts suivants:

- frais d'exploitation et d'entretien annuel des infrastructures (routes, ponts, tunnels de métro);
- frais d'exploitation et d'entretien annuel des équipements de communication et de signalisations;
- frais d'exploitation et d'entretien annuel du matériel roulant
  - transport collectif (train, métro, autobus);
  - transport privé (auto)

## 1.3 Revenus

Ils peuvent regrouper les revenus suivants:

- revenus d'exploitation des services réguliers;
- revenus des services spécialisés;
- revenus de publicité

## 2.0 Les éléments non monétaires

Il s'agit des avantages et des coûts qui ne peuvent pas être directement évalués en termes monétaires. Des prix de référence appropriés (shadow prices) peuvent être utilisés pour ramener en terme monétaire certains de ces éléments. Une liste des éléments non monétaires est présentée à titre d'exemple.

### 2.1 Temps de déplacement

- transport collectif (accès, correspondance, transport);
- automobile (accès, transport, stationnement)
- camion

### 2.2 Qualité du service

- fiabilité
- confort
- souplesse

### 2.3 Pollution

- pollution atmosphérique
- pollution auditive
- pollution visuelle

### 2.4 Accidents

- dommages matériels
- blessures
- mortalité

*Références bibliographiques*

*Annexe 5*

- (1) Statistiques, Revue Trimestrielle, Les Publications du Québec, Juin 1991, p.: 113 (Ce montant a été indexé pour 1991 avec l'indice des prix à la consommation au Canada (tous les articles), (4,82%), p.:82).
- (2) Ibid p.:22 ( Ce montant a été calculé avec le revenu personnel moyen et le revenu personnel disponible moyen de 1990 en faisant l'hypothèse que le pourcentage est stable pour 1991).
- (3) Statistiques Canada. Emploi, gains et durée de travail (72-002) (Il est à noter que ce chiffre représente la moyenne pour 1990 de la durée hebdomadaire, incluant les heures supplémentaires, du travail pour les employés salariés et excluant ceux rémunérés à l'heure. De plus, l'hypothèse que ce chiffre demeure constant pour 1991 est avancée.)
- (4) Estimée approximative du temps de transport moyen, aller et retour.
- (5) Statistiques, Revue Trimestrielle, Les Publications du Québec, Juin 1991, p.:22 (Montant de 1990 (107 164 000 000 \$) indexé pour 1991.
- (6) Ibid p.:14 (estimation de janvier 1991 en faisant l'hypothèse que la population est stable pour le reste de l'année).
- (7) Enquête-Ménage Châteauguay, Lavalin, 1987
- (8) Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987), Série de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Mai 1990, p.:23.
- (9) Vente de carburant, Statistiques Canada, 53-218.
- (10) Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987), Série de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Mai 1990, p.:xiv.
- (11) Inventaire Canadien des émissions des principaux contaminants atmosphériques (1985), Série de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Mars 1990, p.:64.

- (12) Gazette officielle du Québec, no:14, 3 avril 1991, partie 2, pp.:1743-1747
- (13) Inventaire national des sources et des émissions de dioxyde de carbone (1987), Série de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Mai 1990, p.:28.
- (14) Brown R. Lester, L'état de la Planète 1990, Economica, Paris, 1990, p.:47.
- (15) Banque du Canada, Taux de change officiel, 1991
- (16) Can Telecommunications Help Solve America's Transportation Problems?, A multiclient Study, Arthur D. Little, Ref 65740, Cambridge, Mass., February 1991, p.:39.
- (17) Analyse Economique de la protection contre le bruit des routes, MTQ, Service de l'Environnement, p.:17.
- (18) Girard Claude, MTQ, Complexe Port Royal, Montréal