PONT DE TADOUSSAC

Commentaires sur le rapport Monti

Serv. des Relations Extraministérielles

CANQ
TR
BSM
143

467423

COMMENTAIRES SUR UNE ETUDE PRELIMINAIRE DE RENTABILITE D'UN PONT PROJETE SUR LA RIVIERE SAGUENAY ENTRE BAIE-STE-CATHERINE ET TADOUSSAC PREPARE PAR LA FIRME D'INGENIEURS-CONSEILS GAGNON, MONTI, NADON, FREEMAN ET SON, AVRIL 1973

(RAPPORT DU SERVICE DES RELATIONS EXTRAMINISTERIELLES)

Bureau du sous-ministre
Ministère des Transports
Québec, avril 1974

Raymond Hamelin

Raymond Hamelin, ing.

CANQ
TR
BSM
143

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,
21e ÉTAGE
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA
G1R 5H1

GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES TRANSPORTS

BUREAU DU
SOUS-MINISTRE

Québec, le 30 mai 1974.

M. Jacques-L. Charland, ing.,
Sous-ministre adjoint,
Ministère des Transports,
Edifice "H", 2e Etage,
Cité Parlementaire,
Québec.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

SUJET: *PONT DE TADOUSSAC - ETUDE PRELIMINAIRE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE SOUMISE PAR LA FIRME D'INGENIEURS-CONSEILS MONTI ET ASSOCIES 30 MAI 1973*

Monsieur,

Veillez trouver ci-joint une analyse du rapport Monti et les conclusions qui en découlent. Etant donné que le rapport Monti est une étude préliminaire à long terme, notre analyse et nos commentaires sur cette étude se sont poursuivis dans la même optique.

Il nous a paru pertinent de consulter plusieurs de nos services techniques afin de mettre à profit leurs connaissances spécialisées. Aussi, compte tenu des renseignements ainsi obtenus, il nous a été possible d'utiliser une méthodologie de l'analyse des coûts qui diffère de celle présentée par l'étude Monti.

Quant à la théorie économique développée dans l'étude Monti, nous avons tenté d'expliciter davantage ses hypothèses. En même temps nous nous sommes préoccupés de rechercher une formule de calcul pour maintenir une continuité d'analyse économique en matière d'investissement routier. Cette procédure sert à comparer la rentabilité du projet étudié à celle de projets passés et de projets à venir. Par exemple nous traitons d'un taux d'intérêt qui tient compte de l'inflation, d'un taux d'in-

. . . 2

GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES TRANSPORTS

BUREAU DU
SOUS-MINISTRE

térêt "pur" et d'un taux d'actualisation social qui pourraient être utilisés par les ministères à mission économique.

Nous espérons que nos commentaires contribueront à mieux orienter la recherche des données pertinentes dans des études de ce genre.

Veillez recevoir, monsieur le sous-ministre adjoint, l'assurance de notre entière collaboration.

Bien à vous,

Raymond Hamelin

Raymond Hamelin, ing.
Service des Relations
Extraministérielles.

RH/nh

C.: M. Pierre-E. Tremblay.

1.0 CONCLUSIONS DU RAPPORT

1- Nos prévisions sur la circulation future entre Baie-Ste-Catherine et Tadoussac sont moins optimistes que celles prévues par la firme Monti et associés en raison de l'addition éventuelle de nouveaux traversiers sur le fleuve St-Laurent dans cette région.

2- Notre démarche sur le calcul des coûts des traversiers diffère de celle entreprise par la firme Monti. Celle-ci pose comme hypothèse que le coût des traversiers augmente proportionnellement à l'accroissement de la circulation. Notre démarche, quoique plus laborieuse, consiste à prévoir une utilisation optimum de la capacité des traversiers apte à satisfaire l'augmentation de la circulation au fil des années. Nous croyons notre méthode plus près de la réalité tant au point de vue opérationnel qu'au point de vue coûts. Nous utilisons dans cette étude des traversiers semblables à ceux de Québec-Lévis à cause des données précises sur leur capacité et leurs coûts. Les rapports bénéfices-coûts calculés selon nos hypothèses nous indiquent les faits saillants suivants:

a) En prévision d'un taux annuel d'accroissement de la circulation de 4%, la construction d'un pont à Tadoussac ne serait pas rentable;

b) A un taux de 5%, en améliorant le système des traversiers par l'utilisation de bateaux-passeurs de type "roll-on-roll-off", le projet de pont serait en toute probabilité non-rentable sous réserve d'informations plus précises quant à l'ampleur de l'amélioration, le coût des quais, etc.;

c) A un taux de 6%, notre méthodologie de l'analyse des coûts des traversiers nécessiterait une expertise sur la possibilité d'implantation de 6 traversiers ou plus avant qu'on puisse calculer le rapport bénéfice-coût pour une période de 50 ans

CONTENU DU RAPPORT

1.0 CONCLUSIONS DU RAPPORT..... I

2.0 RESUME DU RAPPORT..... V

3.0 COMMENTAIRES SUR LE RAPPORT MONTI ET ASSOCIES..... 1

3.1 Aspect économique..... 1

3.2 Aspect technique..... 5

3.2.1 Coût du pont..... 5
3.2.2 Coûts d'entretien du pont..... 5
3.2.3 Epargne du temps..... 6
3.2.4 Coût des traversiers..... 6
3.2.5 Prévisions de circulation..... 7
3.2.6 Etude de sensibilité..... 8
3.2.7 Exemple de calcul du coût des traversiers et de quais pour un taux d'accroissement annuel de circulation de 5%..... 8
3.2.8 Calcul de la dépréciation du pont et des traversiers..... 9
3.2.9 Rapports bénéfices-coûts pour des périodes inférieures à la vie utile du pont projeté..... 9
3.2.10 Méthode de calcul qui nous permet de prolonger les bénéfices jusqu'à 50 ans..... 10

4.0 LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 Lettre adressée à M. Sylva Bolduc concernant le taux d'intérêt "pur"

1er mai 1973..... 12
5 décembre 1973..... 14

Annexe 2 Calcul du coût du pont de Tadoussac..... 15

Annexe 3 Prévisions de circulation entre Baie-Ste-Catherine et Tadoussac..... 17

Annexe 4 Tableau de sensibilité des bénéfices selon les hypothèses de la firme Monti et nos propres hypothèses..... 18

Annexe 5 Tableau de sensibilité du rapport bénéfice-coût selon les hypothèses de la firme Monti et nos propres hypothèses..... 19

Annexe 6 Calcul de la valeur présente dépréciée (VPD) d'un investissement après x années en utilisant la formule de dépréciation dite d'amortissement..... 20

Annexe 7 Distribution horaire moyenne d'été en termes de pourcentage de la circulation annuelle à St-Fidèle et au pont Pierre-Laporte.
juin - septembre 1971..... 23

Annexe 8 Formule de calcul de la distribution horaire moyenne d'été projetée à Tadoussac. Taux d'accroissement annuel de la circulation anticipé à 5%..... 24

Annexe 9 Distribution horaire moyenne d'été projetée de la circulation à Tadoussac en l'an 2022 anticipant un taux d'accroissement annuel de la circulation de 5%..... 25

Annexe 10 Exemple de calcul de la file d'attente et du détournement de trafic via Chicoutimi pour l'année 2025..... 26

Annexe 11 File annuelle et détournement de la circulation à Tadoussac. Taux d'accroissement annuel de la circulation anticipé à 5%..... 27

Annexe 12 Coût additionnel occasionné par la file d'attente et de détournement de la circulation à Tadoussac. Taux d'accroissement annuel de la circulation anticipé à 5%. Taux d'inflation de 6%..... 28

Annexe 13 Valeur présente des coûts additionnels tels que calculés à l'annexe 12..... 29

Annexe 14 Epargne du temps de la circulation détournée qui autrement aurait utilisé les traversiers..... 30

Annexe 15 Exemple de calcul du coût des traversiers et de quais en dollars courants assumant un taux d'accroissement annuel de la circulation de 5%. Période de 50 ans. Taux d'actualisation (incluant l'inflation) de 8 1/2%. Taux d'inflation de 6%..... 31

Annexe 15 (Suite)

Coût des traversiers et des quais ramené à une valeur présente..... 32

Annexe 16 Calcul du rapport bénéfice-coût dans notre étude utilisant un taux d'actualisation (incluant l'inflation) de 8 1/2%. Taux d'inflation de 6%. Période de 50 ans. Taux d'accroissement annuel de la circulation de 5%..... 33

Annexe 17 Mêmes données que celles à l'annexe 16 sauf que la période est de 36 ans..... 34

Annexe 18 Calcul du rapport bénéfice-coût dans notre étude utilisant un taux d'actualisation "pur" de 6%. Ce taux correspond approximativement au taux nominal de 9% utilisé par la firme Monti moins son taux d'inflation de 3%. Taux d'accroissement annuel de la circulation assumé à 5% pendant 50 ans (données prises dans les annexes 19 à 21)..... 35

Annexe 19 Calcul du coût des traversiers et de quais en dollars constants assumant un taux d'accroissement annuel de la circulation de 5%. Période de 50 ans. Taux d'actualisation "pur" ou sans inflation de 6%..... 36

Annexe 19 (Suite)

Coût des traversiers et des quais ramené à une valeur présente(1977)..... 37

Annexe 20 Valeur présente des coûts additionnels de la file d'attente et du détournement de la circulation à Tadoussac. Taux d'accroissement annuel de la circulation anticipé à 5%. Taux d'actualisation "pur" de 6%..... 38

Annexe 21 Epargne du temps de la circulation détournée qui autrement aurait utilisé les traversiers..... 39

2.0 RESUME DU RAPPORT

1- L'étude de rentabilité en termes des bénéfices-coûts soumise par la firme Monti et associés tente de démontrer que la construction d'un pont à la hauteur de Tadoussac serait rentable. Le rapport bénéfice-coût selon différents taux d'actualisation et d'accroissements de circulation utilisés varierait entre 1.45 et 3.14.

2- Cependant, l'étude de la firme Monti sur les coûts des traversiers se base sur un coût initial qui augmente proportionnellement à l'accroissement de la circulation sans se soucier des contraintes opérationnelles qui empêcherait le système des traversiers de satisfaire un volume élevé. Ces contraintes opérationnelles sont les manoeuvres d'abordage, les surfaces des débarcadères, la marée, etc..

Notre approche sur les coûts des traversiers se base sur la capacité des traversiers à pouvoir satisfaire une circulation de plus en plus élevée. Nous avons crû bon nous limiter à un nombre maximum de quatre traversiers et de calculer dans le temps les coûts de ceux-ci utilisés entre Québec et Lévis et en augmentant leur nombre de façon à satisfaire l'accroissement annuel de la circulation à des taux de 4%, 5% et 6%.

En apportant des modifications sur les hypothèses tant économiques que techniques avancées par la firme Monti et en introduisant d'autres hypothèses sur l'attente aux traversiers et le détournement du trafic via Chicoutimi, nous avons pu calculer les rapports bénéfices-coûts pour des taux d'accroissements de circulation de 4% et de 5% et ainsi les comparer avec ceux calculés par la firme Monti. Les résultats sont les suivants:

Variations du rapport bénéfice-coût (selon différents taux d'actualisation) pour un taux d'accroissement annuel de circulation de:

	4%	5%
Etude Monti	1.45 à 2.05	1.76 à 2.5
Notre étude	.66 à .86	1.08 à 1.57

3- En ce qui concerne les prévisions d'augmentation de circulation à un taux annuel de 6%, quatre traversiers tels que décrits ci-haut ne pourraient satisfaire celle-ci que pendant une période d'environ 29 ans après 1977.

Compte tenu des renseignements obtenus auprès de notre service du Transport Maritime, il serait possible d'augmenter l'ef-

ficacité du système des traversiers assumé dans notre étude en utilisant des traversiers de dimension semblable mais de type "roll-on-roll off" où les embarquements et débarquements se font aux extrémités du bateau. La capacité des traversiers s'en trouverait accrue de 40% environ sans pour autant augmenter appréciablement leurs coûts. Ce système amélioré pourrait desservir un volume de trafic qui s'accroît annuellement à un taux de 6% pendant une période d'environ 37 ans après 1977.

Il s'ensuit que pour des prévisions d'accroissement de circulation aux taux de 4% et de 5% le projet d'un pont ne serait pas rentable en autant que l'amélioration anticipée soit vérifiée par des spécialistes en construction maritime.

De plus, ces mêmes spécialistes pourraient-ils nous renseigner sur la possibilité d'utiliser six traversiers ou plus à cet endroit. Il nous semble pertinent, à ce stade préliminaire, d'insister sur le fait que plus seront scrutés les prévisions de circulation et l'efficacité du système des traversiers plus significatif deviendra le critère bénéfice-coût.

4- Les modifications majeures apportées aux hypothèses de l'étude Monti sont les suivantes:

A <u>Aspect économique</u>

a- Le taux d'inflation annuel des inputs utilisés par la firme Monti est de 3%. Le taux annuel d'inflation utilisé dans ce rapport est de 6% et s'appuie sur l'augmentation de prix des matériaux et celui de la main d'oeuvre qui ont eu cours au Québec depuis le début des années 60.

b- En éliminant le phénomène inflationiste, on obtient un taux d'intérêt "réel". Le taux d'intérêt "pur" est obtenu par la différence entre le taux d'intérêt sur le marché des obligations de première qualité et le taux d'inflation mesuré par le taux d'augmentation annuel de l'indice des prix à la consommation. Ce taux "pur" est demeuré quasi-invariable dans le temps parce qu'il reflète les phénomènes"réels" d'une économie lorsque dénudée de l'illusion monétaire qu'est l'inflation. Une étude publiée par le Federal Bank of St-Louis(3) établit le taux d'intérêt "pur" aux environs de 3%. Ce taux peut s'appliquer à l'économie québécoise.

Pour des investissements considérables qualifiés sans risque étant donné qu'ils proviennent d'organismes publics ou de grandes entreprises, c'est ce taux d'intérêt "pur" recherché qui sera utilisé comme taux d'actualisation sans inflation dans le calcul coût-bénéfice. Par exemple, le taux d'actualisation sans inflation utilisé par la firme d'ingénieurs-conseils Lalonde, Valois, Lamarre et associés (7) était de 4%.

Le rapport Monti tient compte du phénomène inflationiste et utilise des taux d'actualisations, correspondants aux taux d'intérêt sur les obligations, variant de 8% à 9 1/2% (page 13 du rapport). Si on soustrait de ces taux celui de l'inflation de 3% assumé par ladite firme, on obtient des taux d'actualisations sans inflation variant de 5% à 6 1/2%. Au fait, utiliser un taux d'actualisation qui tient compte de l'inflation exprime implicitement la présence d'un taux d'actualisation sans inflation (voir annexe 6). Mais les taux sans inflation de 5% à 6 1/2% de la firme Monti sont fort éloignés du taux d'intérêt "pur" de 3% calculé dans l'étude de la banque de St-Louis et de celui de 4% de la firme Lalonde.
Notre étude tient aussi compte du phénomène inflationiste et utilise pour fins de sensibilité deux taux d'actualisation de 8 1/2% et de 10%. En soustrayant de chacun de ces deux taux notre estimé du taux d'inflation de 6% on obtient des taux d'actualisation correspondants de 2 1/2% (8 1/2% - 6%) et de 4% (10% - 6%). Ces taux sans inflation sont plus près du taux d'intérêt "pur" de 3% calculé empiriquement par la banque de St-Louis que ceux (5% à 6 1/2%) utilisés par la firme Monti. Pour cette raison nous les croyons plus appropriés et les utilisons pour actualiser les bénéfices et les coûts futurs.

Ces remarques ont aussi pour but de démontrer que si nous appliquions les taux d'actualisation sans inflation de la firme Monti au lieu des nôtres dans notre calcul bénéfice-coût, nous obtiendrions des rapports bénéfices-coûts inférieurs à nos variations .66 à 1.57 (pour des taux d'accroissements de trafic de 4% et de 5%). Par exemple, en utilisant un taux d'actua-

lisation sans inflation de 6% (équivalant à un taux nominal de 9% moins un taux d'inflation de 3% utilisé par la firme Monti) on obtient dans notre étude un rapport bénéfice-coût de .73 pour un taux de circulation de 5% pendant 50 ans.(voir annexe 18). L'étude Monti obtient un rapport de 1.96 (annexe 5). Pour mieux nous éclairer sur le concept "taux d'actualisation sans inflation", nous reprenons tous les calculs en utilisant cette fois deux taux explicites d'actualisation sans inflation de 3% et de 4% (ce qui veut dire qu'on ne tient pas compte du phénomène inflationiste en calculant le coût des inputs dans le temps).

B Aspect technique

a- Le coût estimé du pont Tadoussac par la firme Monti est de 35,000,000 dollars. Notre estimé du coût de même pont est de l'ordre de 55,000,000 dollars et se réfère à ce qu'a coûté le pont Pierre-Laporte tout en y apportant des corrections techniques pour fins de comparaison de même qu'une correction relative à l'inflation et à la technologie.

b- Nos prévisions de circulation diffèrent de celles assumées par la firme Monti pour deux raisons:

i) La mise en service d'un traversier entre Rivière du Loup et Tadoussac diminuera la circulation passant par Tadoussac-Baie-Ste-Catherine.

ii) La mise en service éventuelle de "traversiers-rails" partant de Matane, possiblement de Québec vers Baie-Comeau, Port-Cartier et Sept-Iles diminuera le trafic du transport par camions passant par Tadoussac-Baie Ste-Catherine.

c- L'étude Monti établit la vie utile d'un pont à 50 ans. Il lui est donc nécessaire d'utiliser la même période de temps pour calculer les bénéfices et les coûts.

Avec un taux d'accroissement annuel de circulation de 5% quatre traversiers ne peuvent satisfaire le

trafic au-delà de 36 ans après 1977. Nous avons pu contourner cette contrainte de temps en introduisant des hypothèses additionnelles qui nous permettent de calculer les coûts d'attente et de détournement du trafic via Chicoutimi. Ceci nous a permis de prolonger les calculs jusqu'à 50 ans soit la vie utile du pont.

5- En conclusion, nous sommes d'avis que le critère bénéfice-coût appliqué à cette étude en raison des données qu'il englobe ne peut servir de critère unique dans la prise de décision. Cependant, ce critère peut servir comme apport décisif dans une étude d'ensemble qui engloberait cette fois d'autres facteurs tangibles et intangibles non-analysés dans cette étude. En effet, une des faiblesses inhérentes à l'anlayse bénéfice-coût est d'attirer l'attention sur les facteurs qu'elle quantifie (6), ceci risque parfois de mettre dans l'ombre d'autres facteurs non moins importants.

Ces remarques n'ont pas pour but de déprécier le critère bénéfice-coût, au contraire; en lui attribuant l'importance relative qui lui revient à juste titre on ne peut que contribuer à rendre plus opérationnelle l'application de cette théorie.

6- Parmi les facteurs non considérés dans ce rapport on retrouve:

A <u>Aspect technique</u>

a- Analyse hydraulique et géotechnique de la rivière Saguenay à Tadoussac.

b- Etude du réseau routier régional dans lequel s'insérerait la localisation d'un pont.

c- Etude de provenance et de destination des véhicules qui empruntent le réseau routier régional. Notre service technique de la circulation possède déjà une bonne partie de tels renseignements.

B Aspect économique

a- Etude sur les effets directs et indirects provenant de la construction d'un pont (tableau régional input-output).

b- Etude sur l'emploi de la main d'oeuvre locale en chômage advenant la construction d'un pont (8) (9).

c- Etude des coûts relatifs aux différents modes de transport de la région qu'apporterait la construction d'un pont.

3.0 COMMENTAIRES SUR UNE ETUDE PRELIMINAIRE DE RENTABILITE D'UN PONT PROJETE SUR LA RIVIERE SAGUENAY ENTRE BAIE-STE-CATHERINE ET TADOUSSAC PREPARE PAR LA FIRME D'INGENIEURS-CONSEILS GAGNON, MONTI, NADON, FREEMAN ET FOX, AVRIL 1973

L'étude de rentabilité de ce projet basé sur l'analyse avantage-coût nécessite quelques remarques additionnelles concernant les hypothèses économiques entourant le choix du taux d'actualisation, lequel taux rentre obligatoirement dans cette analyse. De même, il nous a paru essentiel de ré-évaluer l'aspect technique sur lequel se calculent les coûts du pont ou son alternative le coût des traversiers.

3.1 ASPECT ECONOMIQUE

L'analyse avantage-coût a pour but de comptabiliser les avantages et les coûts sociaux résultant d'un investissement public afin d'en évaluer les conséquences économiques du point de vue de la société. Etant donné que certains de ces coûts et bénéfices s'échelonnent pendant toute la durée de vie de l'investissement, on doit utiliser un taux d'actualisation qui nous permette de tout ramener à la période de mise en opération de l'investissement et comparer la somme des bénéfices et des coûts ainsi calculés. Un projet sera considéré économiquement rentable si le rapport entre les bénéfices et les coûts dépasse l'unité. Dans cette étude, les bénéfices ou avantages correspondent à l'épargne du temps des automobilistes et des camionneurs et à l'épargne des traversiers qu'occasionnerait la construction d'un pont. Les coûts correspondent à la construction et à l'entretien du pont.

En supposant que l'on soit parvenu à une évaluation correcte du coût du pont ainsi que de l'épargne du temps et des traversiers en termes monétaires (c'est ce que nous tenterons de faire en traitant de l'aspect technique) pendant la durée de vie du pont, le rapport bénéfice-coût dépend essentiellement du taux d'actualisation utilisé. En effet, un taux d'actualisation élevé rend la valeur présente des bénéfices relativement plus faible que celle où le taux est moins élevé. Si on compare la valeur présente avec le coût au moyen d'un rapport bénéfice-coût il s'ensuit que plus un taux d'actualisation est élevé moins grand est le rapport bénéfice-coût et moins grande est la possibilité que le projet soit rentable, c'est-à-dire que le rapport atteigne l'unité.

Aussi est-il important de faire varier le taux d'actualisation entre des valeurs que nous estimerons plus loin afin de vérifier les conséquences de ces variations sur les résultats du calcul. La raison pour laquelle il est utile de faire varier le taux d'actualisation dit "social" pour un investissement public est due à l'absence d'une connaissance sûre d'un tel taux. Les économistes diffèrent d'opinion quant aux hypothèses qui doivent entourer son calcul.

Pour certains, le taux d'actualisation dit taux "social" d'actualisation devrait réfléter, "pour une société donnée, la préférence qu'elle accorde à sa consommation présente par rapport à sa consommation future". Plus précisément les agents économiques d'une société expriment par ce taux (sous forme de taux d'intérêt) comment ils préfèrent répartir leurs revenus entre leur consommation immédiate et leur épargne. Cette épargne qui servira à financer des projets d'investissements se traduira après un certain nombre d'années par un revenu plus élevé donc un pouvoir d'achat de consommation (future) plus élevé que si cette même épargne avait servi à acheter la consommation immédiate. Certains économistes prétendent que le taux social d'actualisation s'exprime par le taux d'intérêt d'emprunt du gouvernement (1).

Pour d'autres, le taux d'actualisation d'un investissement public devrait réfléter le taux de rendement interne avant taxation (qui est plus élevé que le taux de préférence social) qu'aurait rapporté ce même investissement s'il avait été entre les mains du secteur privé concurrençant le secteur public. C'est le principe du coût alternatif du secteur public ou taux de rendement du secteur privé auquel se réfère l'investissement public. Ce taux de rendement du secteur privé est celui qui provient de son investissement marginal compte tenu de la pénurie des capitaux. On semble favoriser le taux de rendement du secteur privé au taux social d'actualisation parce que le premier, reflétant la rareté des capitaux (2), est un meilleur indicateur de l'efficience des investissements.

Taux d'actualisation en contexte québécois

Le raisonnement derrière le taux social d'actualisation et le taux alternatif présuppose un contexte d'éco-

nomie en plein emploi et "fermée" c'est-à-dire sans commerce extérieur et sans possibilité d'emprunt à l'étranger. Or, le Québec fonctionne en économie "ouverte" où il est possible d'accroître les investissements au-delà de son épargne intérieure en recourant à l'épargne extérieure au moyen d'emprunt sur le marché des capitaux étrangers. Aussi l'économie québécoise est en régime de sous-emploi (les régions de la Côte Nord, du Saguenay, Lac St-Jean et du Bas St-Laurent-Gaspésie ont des taux de chômage qui varient entre 8 et 20%).

Dans ces circonstances le financement externe permet l'emploi de ressources additionnelles et ainsi contribue à l'élévation de la production nationale dans les années à venir en autant que le taux de rendement de l'investissement public soit plus élevé que le taux d'intérêt d'emprunt.

Pour ces raisons nous croyons que ce taux peut être utilisé comme taux d'actualisation dans cette étude tout en étant conscient qu'il représente un minimum requis. L'idéal serait de connaître le rendement de tous les autres investissements du ministère des Transports(en supposant qu'il soit possible de calculer leurs taux de rendement interne respectifs) classés par ordre de taux de rendements décroissants permettant ainsi de choisir les projets les plus rentables jusqu'à ce que le budget d'immobilisation du ministère soit épuisé. Il en serait de même pour les autres ministères à mission économique. Il appartient au Conseil du Trésor de suggérer l'application de tels critères afin d'en arriver à un taux d'actualisation le plus uniforme possible.

Compte tenu des hypothèses économiques propres au contexte québécois, le taux d'intérêt de 8.5% proposé par la firme Monti comme taux d'actualisation dans l'investissement du pont à Tadoussac nous semble acceptable comme taux minimum en y ajoutant une prime pour tenir compte des frais encourus dans l'administration des obligations. Il nous reste à traiter de l'inflation. En effet, le taux nominal d'intérêt de 8.5% tient compte de l'inflation. Ceci nous oblige à l'inclure dans le prix des inputs qui sont l'épargne du temps, les traversiers, l'entretien du pont et des traversiers. Une façon d'éliminer l'inflation est d'utiliser le taux d'intérêt dit "pur" ou taux dénudé du phénomène inflationiste. Ce taux serait d'environ 3% tel que calculé empiriquement dans une étude préparée par la Federal Reserve Bank of St-Louis(3).

Quelques commentaires à ce sujet ont été adressés à Monsieur Sylva Bolduc en mai et décembre 1973 et sont annexés au présent rapport (annexe 1). Nous utilisons ce taux minimum et l'augmentons à 4% afin de vérifier, comme nous l'affirmions au tout début, les conséquences de ces variations sur le résultat du calcul bénéfice-coût.

On peut se demander si un tel taux d'intérêt "pur" calculé pour l'économie américaine peut s'appliquer à l'économie canadienne à plus forte raison à l'économie québécoise. On constate que l'écart entre les taux d'intérêts américains et canadiens sont minimes en raison de problèmes de balance des paiements. En ce qui a trait à l'inflation, notre forte dépendance des importations américaines a tendance à maintenir l'inflation canadienne proche de l'inflation américaine. Il y a aussi le fait que le déroulement de l'économie canadienne est semblable et assez souvent influencé par l'économie américaine comme par exemple les habitudes de consommation, la productivité, les institutions financières etc. . Dans de telles conditions on peut appliquer sans trop de risque de se tromper le taux d'intérêt "pur" américain en contexte canadien ou québécois.

3.2 Aspect technique

Jusqu'à présent nous nous sommes limité à des considérations d'ordre économique sur les hypothèses implicites qui peuvent influencer le choix d'un taux d'actualisation dans le calcul coût-bénéfice. Il nous reste à considérer la méthodologie des calculs techniques avec laquelle s'estiment les coûts de mise en place et d'exploitation (construction et entretien du pont projeté) ainsi que les bénéfices sociaux (épargne du temps et des traversiers) qui en découlent.

3.2.1 Coût du pont

Afin de vérifier le coût de construction du Pont de Tadoussac estimé par la firme Monti et Associés nous avons consulté nos services spécialisés dans ce domaine, entre autres, le service des Ponts, le service de la Circulation et le service de l'Entretien. En nous inspirant des données financières et techniques du Pont Pierre-Laporte, il nous a été possible de calculer son coût unitaire en termes de dollars par pied carré de surface puis d'ajuster ce coût en fonction des exigences techniques du pont de Tadoussac (l'ajustement incluant un facteur de réduction de 30% due à l'économie anticipée résultant de sa structure de type orthotrope semblable au pont Severn construit en Angleterre).

Selon nos calculs le coût du pont de Tadoussac serait de l'ordre de 55 millions de dollars comparé à celui de 35 millions estimé par la firme Monti. Notre estimé est montré à l'annexe 2.

Si on s'en tient aux normes exigées par le service technique de la Circulation concernant les largeurs minimales des ponts à 4 voies, la voie chartière du pont de Tadoussac proposé par la firme Monti serait inférieure de 3 pieds (49 pieds au lieu de 52 pieds). De plus, il serait nécessaire de prévoir un trottoir d'inspection ce qui élargirait davantage le tablier. Se conformer à ces exigences augmenterait le coût du pont de Tadoussac.

3.2.2 Coûts d'entretien du pont

Nous retenons le coût d'entretien de 350,000 dollars par an proposé par la firme Monti en dépit du fait que

notre estimé du coût du pont y soit plus élevé. Ce coût engloberait les charges d'administration et d'exploitation, de l'entretien courant et du gros entretien tels les remplacements majeurs comme le revêtement d'asphalte, le système d'éclairage, la peinture etc.. Cependant nous croyons que l'augmentation des coûts d'entretien n'est pas proportionnelle à l'augmentation du trafic comme le propose la firme Monti. Plutôt, nous considérons le coût de 350,000 dollars comme coût d'entretien moyen annuel pendant la période de 50 ans.

3.2.3 Epargne du temps

Nous considérerons le prix de $2.50 l'heure-véhicule proposé par la firme Monti comme un prix net tenant compte de l'importance relative du trafic de loisir et du trafic d'affaires(4).

3.2.4 Coût des traversiers

La méthode de calcul utilisée par la firme Monti pour évaluer les coûts des traversiers repose sur les prévisions d'un trafic gonflé occasionné par l'ouverture du pont et son augmentation par la suite à un taux probable de 5% par année. Sans ce pont le trafic serait desservi par un nombre croissant de traversiers au fur et à mesure que le trafic s'accroît dans le temps. En 1976-77 le coût total d'opération des traversiers en termes d'entretien et d'amortissement tel qu'évalué par la firme Monti est de 1,550,000 dollars et augmente annuellement à un taux d'intérêt composé de 8% (page 16 du rapport Monti). Ce taux représentant la somme du taux d'accroissement du trafic de 5% et du taux d'inflation de 3%. Par exemple, au bout de 50 ans le coût annuel attribué aux traversiers serait de 67,312,000 dollars.

Nous entrevoyons difficilement une prévision précise sur le coût des traversiers qui ne tiennent pas compte des contraintes opérationnelles imposées par un nombre croissant de traversiers pouvant faire la navette entre Baie Ste-Catherine et Tadoussac. Notre démarche en tient compte et utilise comme nombre maximum 4 traversiers à partir desquels il est possible de calculer le maximum de circulation pouvant être satisfait par ceux-ci.

Avec 4 traversiers de dimensions semblables à ceux utilisés entre Québec et Lévis, la capacité maximum

des traversiers incluant les différentes catégories de véhicules pourrait satisfaire un trafic annuel de deux millions de véhicules. Ces chiffres sont tirés d'un rapport, publié par la firme Deluc, intitulé: "Etude de pré-factibilité sur le transport en commun Québec-Lévis", octobre 1973, page 23.

Quant au coût des traversiers et des quais, en 1973, le rapport Deluc évalue le coût d'un nouveau traversier à 3,000,000 de dollars et le coût d'un nouveau quai à 2,000,000 dollars (page 57). Nous utilisons ces estimés de capacité de trafic et de coût des traversiers jusqu'à concurrence de 4 traversiers et de ce fait les dépenses qui en découlent au fur et à mesure de l'augmentation de la circulation dans le temps.

3.2.5 Prévisions de circulation

Des prévisions de circulation suivant différentes hypothèses sont montrées à l'annexe 3. Nous corrigeons à la baisse la circulation prévue par la firme Monti pour les raisons suivantes:

1- Il est prévu que le ministère des Transports mettra en opération en 1974 un bateau-passeur entre Rivière-du-Loup et Tadoussac. Ce nouveau trajet aura comme conséquence de diminuer le trafic entre Baie Ste-Catherine et Tadoussac d'environ 75,000 véhicules en 1977.

2- Le rapport Montembeault concernant l'étude des traversiers au Québec, soumis le 8 novembre 1971, prévoyait une circulation de 340,340 voitures en 1972 et un taux d'accroissement annuel du trafic de 3% par la suite. Or, en 1972, les statistiques prélevées par la compagnie de navigation Charlevoix-Saguenay Limitée révélaient un trafic de 329,000 véhicules. A un taux d'augmentation annuel à intérêt composé de 3%, 4%, 5% et 6%, le trafic prévu pour 1977 (une fois soustrait le détournement de 75,000 véhicules) est respectivement de 306,400, 325,279, 344,896 et 365,276. Un graphique sur les prévisions du trafic estimé par la firme Monti et les nôtres est montré à l'annexe 3.

3- Il est actuellement question de mettre éventuellement en service des "traversiers-rails" sur le fleuve St-Laurent.

Ces traversiers desserviraient le transport lourd partant de Matane et peut-être de Québec vers Baie-Comeau, Port-Cartier et Sept-Iles. Ceci aurait pour effet de diminuer le trafic lourd entre Baie Ste-Catherine et Tadoussac de même qu'augmenter l'espace d'occupation des traversiers.

4- Compte tenu des corrections à être apportées aux prévisions de circulation, il nous est difficile à ce stade-ci de l'étude de prévoir ce que pourrait être l'ampleur du gonflement de circulation occasionné par l'ouverture d'un pont en 1977. Nous retenons les prévisions de taux d'accroissements annuels de circulation de 4%, 5% et 6% tels que prévus par la firme Monti, à partir de 1972. Toutefois, nous assumons que ces taux sont suffisamment élevés pour tenir compte de l'augmentation subite étant donné les prévisions moins optimistes du rapport Montembeault et les effets négatifs induits par les traversiers-rails.

3.2.6 Etude de sensibilité

Nous présentons à l'annexe 4 un tableau des bénéfices analogique à celui de la firme Monti(page 13) pour des variations de trafic et de taux d'actualisation mais en y ajoutant deux variantes de plus soient des taux d'actualisation explicites sans inflation et des périodes de moins de 50 ans. Un deuxième tableau (annexe 5) semblable au premier sauf les bénéfices qui sont remplacés par les rapports bénéfices-coûts.

3.2.7 Exemple de calcul du coût des traversiers et des quais pour un taux d'accroissement annuel de circulation de 5%

On indique les deux premiers traversiers à être construits en 1977 et de capacité semblable à ceux de Québec-Lévis par A_1 et B_1 et les deux nouveaux quais par a et b. Le coût d'un traversier en dollars 1977 est de 3,787,000 dollars c'est-àd-dire 3,000,000 dollars 1973 X $(1.06)^4$et celui d'un quai à 2,525,000 dollars (2,000,000 X 1.06^4). Si on assume que la vie utile d'un traversier est de vingt ans, les deux premiers traversiers devront être remplacés après vingt ans par deux nouveaux qu'on indique par A_2 et B_2 .

Compte tenu de l'augmentation du trafic, il sera nécessaire d'y ajouter un troisième traversier C_1 23 ans après 1977 puis un quatrième D_1 après 31 ans. Au bout de 36 ans, l'accroissement de la circulation a atteint le point de saturation de la capacité maximum des quatre traversiers. Il s'agit alors de calculer la valeur présente (1977) des bénéfices accumulés durant cette période de même que le coût du pont une fois soustraite la valeur présente non-dépréciée du pont.

3.2.8 Calcul de la dépréciation du pont et des traversiers

Nous utilisons la formule dite d'amortissement (5) pour déprécier le pont et les traversiers. Cette méthode comptable basée sur le taux d'intérêt composé implique une dépréciation qui s'accélère au fur et à mesure que l'investissement vieillit, ce qui nous semble réaliste.

3.2.9 Rapports bénéfices-coûts pour des périodes inférieures à la vie utile du pont projeté

Le calcul de la dépréciation du pont nous permet d'obtenir un rapport bénéfice-coût en deça de la période de la vie utile du pont (assumé à 50 ans par la firme Monti) et des traversiers (que nous assumons à 20 ans). Cette méthode quoique peu orthodoxe par rapport à la méthode conventionnelle nous donne une idée sur le temps qui est nécessaire pour que les bénéfices soient égaux aux coûts c'est-à-dire, lorsque le rapport bénéfice-coût atteint l'unité. Des explications sur le calcul sont montrées à l'annexe 6 .

Par exemple, 36 ans après la construction du pont, en prévoyant un taux d'accroissement annuel de circulation de 5%, la capacité maximum des quatre traversiers est atteinte. Selon différents taux d'actualisation utilisés nous obtenons, après 36 ans, un rapport bénéfice-coût qui varie entre .67 et .89. Ceci démontre que le seuil de rentabilité du pont n'est pas encore atteint.

3.2.10 Méthode de calcul qui nous permet de prolonger les bénéfices jusqu'à 50 ans

Cette méthode ne sera utilisée que pour l'augmentation anticipée de la circulation du trafic à un taux annuel de 5%.

Nous avons vu qu'il nous est impossible de comparer les bénéfices et les coûts au-delà de la période où le point de saturation de la capacité des traversiers est atteint. Il est possible de contourner cet obstacle pour prolonger la période des bénéfices jusqu'à 50 ans en introduisant les hypothèses additionnelles suivantes:

1- Au-delà du point de saturation de la capacité des quatre traversiers il nous a été possible de construire une file d'attente à l'entrée des traversiers. Nous avons pu obtenir de notre service de la Circulation le recensement horaire des véhicules circulant au pont Pierre-Laporte et à St-Fidèle près de Tadoussac, pendant la période d'été de juin à septembre 1971.

2- En prenant pour acquis que les caractéristiques du trafic au pont Pierre-Laporte représente un milieu urbain et celles de St-Fidèle un milieu rural, nous avons construit une courbe de distribution horaire moyenne des quatre mois relevés en termes de pourcentage du trafic annuel pour les deux endroits(annexe 7). Puis connaissant le trafic annuel anticipé à Tadoussac nous avons calculé une courbe de distribution se rapprochant de celle du Pont Pierre-Laporte au fur et à mesure de l'augmentation du trafic annuel anticipé à Tadoussac(annexes 8 et 9). Connaissant le volume horaire d'arrivée des véhicules pour chacune des 24 heures de la journée moyenne des quatre mois et le volume maximum d'embarcation des traversiers (650 véhicules par heure pour quatre traversiers) une file d'attente en termes de véhicules-heures a été estimée en faisant l'hypothèse que la file d'attente n'excèdera pas plus de deux heures à l'entrée des traversiers, le surplus des véhicules préférant passer par Chicoutimi(annexe 10). La longueur de ce détournement est estimé à 60 milles, c'est-à-dire, la différence entre le trajet Québec-Tadoussac en passant par Chicoutimi et celui Québec-Baie Ste-Catherine. Le temps du détournement est estimé à une heure et demi.

3- En attribuant un coût de roulement de 20 cents le mille et de 2.50 dollars l'heure d'attente par véhicule en 1977 tel qu'estimé par la firme Monti, on peut calculer le coût additionnel occasionné par la file d'attente et le détournement(annexes 11, 12 et 13).

4- Faute d'une étude complète du transport routier de cette région, nous assumons que le coût de détournement par Chicoutimi représente la somme des coûts de tous les détournements possibles de cette région dus à l'embouteillage du trafic aux traversiers de Tadoussac comme par exemple Québec-Matane puis Matane Baie-Comeau ou Matane-Sept-Iles etc..

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

ANNEXE 1

GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES TRANSPORTS

BUREAU DU
SOUS-MINISTRE

Québec, le 1er mai 1973.

M. Sylva Bolduc, ing. Ph.D.,
Chef des Relations
Extraministérielles,
Ministère des Transports,
Edifice "H", 1er étage,
Québec.

SUJET: RAPPORT SUR LES "PROBLEMES DE VOIRIE INTERGOUVERNEMENTAUX DE LA REGION DE MONTREAL, 2. PONT JACQUES-CARTIER, CONTRAT 1748, AOUT 1971 P. 21 - COMMENTAIRES SUR LE TAUX D'ACTUALISATION DE 4% UTILISE DANS LE RAPPORT

Monsieur,

Lorsqu'il s'agit d'emprunter sur le marché des capitaux, les trois facteurs essentiels qui déterminent le taux d'intérêt courant sont:

- le taux "réel" ou taux "pur"
- le risque
- le phénomène inflationiste.

Pour tout projet d'investissement gouvernemental le facteur risque est pratiquement éliminé; il reste donc à évaluer le taux "réel" et le taux d'inflation mesuré par l'augmentation des prix. Le taux d'inflation est difficilement prévisible et ne peut être évalué qu'au jour le jour suivant la cadence de l'économie dans son ensemble (cycle économique, politique monétaire, confiance des investisseurs, etc.).

Reste le taux "pur" qu'on peut isoler des deux autres facteurs énumérés ci-haut. Des études assez récentes ont été entreprises aux Etats-Unis. Sur une période de presque 20 ans, le taux d'intérêt brut sur les émissions d'obligations de première qualité (où le facteur risque est pratiquement éliminé) a été compilé annuellement. En même temps on a enregistré les statistiques sur le taux d'inflation. La différence entre ces deux taux devant donner comme résultat le taux dit "pur" ou taux qui aurait tendance à demeurer le plus invariable dans le temps. Par conséquent, on peut utiliser ce taux "fiable" dans le calcul du taux d'actualisation pour évaluer la valeur présente de tout investissement, déboursé ou recette future.

. . . 2

ANNEXE 1 (SUITE)

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES TRANSPORTS
BUREAU DU SOUS-MINISTRE

2/...

Selon l'étude[1] le taux "pur" aurait varié entre 3 3/4% et 4%.

Advenant une demande d'explication sur ce taux de 4% lors des négociations éventuelles, les quelques commentaires énumérés à ce sujet pourront, je l'espère, vous être utiles.

Soyez assuré, monsieur le directeur, de mon entière collaboration.

Bien à vous,

Raymond Hamelin

Raymond Hamelin, ing.
Service des Relations
Extraministérielles.

RH/mh

1 Le Federal Reserve Bank of St. Louis a publié au début des années 70 une étude sur le taux d'intérêt "pur". Une demande ce cette publication est adressée à l'instant.

GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES TRANSPORTS

BUREAU DU
SOUS-MINISTRE

ANNEXE 1 (SUITE)

Québec, le 5 décembre 1973.

Monsieur Sylva Bolduc, ing., Ph.D.,
Chef des Relations Extraministérielles,
Ministère des Transports,
Edifice "H", 1er Etage,
Québec.

SUJET: DOCUMENTATION RECENTE SUR LE TAUX D'INTERET DIT "PUR" A ETRE UTILISE DANS LE CALCUL D'ACTUALISATION

Monsieur,

Dans ma lettre que je vous faisais parvenir en date du 1er mai 1973, je vous avais avancé un taux approximatif d'intérêt, corrigé de l'inflation qui pouvait varier entre 3 3/4% et 4%. Or, depuis ce temps, j'ai reçu de la Federal Bank of St. Louis une série de taux d'intérêts corrigés de l'inflation qui ont été compilés à intervales mensuelles de janvier 1950 à avril 1973. Ces taux d'intérêts ont été calculés selon une technique de calcul parue dans une revue publiée par la Federal Bank of St. Louis en date du mois de décembre 1969. Je vous en inclus une copie.

Si on prend la moyenne arithmétique des taux publiés durant une période de 20 ans, soit de 1954 à 1973, on obtient un taux de 2.708%.

Espérant que ces informations additionnelles pourront vous être utiles.

Bien à vous,

Raymond Hamelin

RH/nh

Raymond Hamelin, ing.

ANNEXE 2

CALCUL DU COUT DU PONT DE TADOUSSAC

Pont Pierre-Laporte

Longueur	:	3414 pieds
Largeur	:	92 pieds
Coût du pont	:	44,300,000 dollars
Coût par pied carré	:	141 dollars

Pour rendre les coûts unitaires comparables entre les ponts Pierre-Laporte et Tadoussac, on ajuste le coût unitaire du Pont Pierre-Laporte de la façon suivante:

1- Une déduction de 22 dollars par pied carré étant donné que les bases des tours du pont de Tadoussac seront à sec soit 141-22≃ 119 dollars par pied carré.

2- Cependant, dû à l'augmentation du poids du pont de Tadoussac en raison de sa portée plus longue, accompagné d'une main d'oeuvre plus nombreuse pour son érection, le coût unitaire est augmenté de 30% soit 1.3 x 119≃ 155 dollars par pied carré.

3- Avec un écart de neuf ans entre l'érection des deux ponts et utilisant un taux d'inflation de 6%, taux qui représente approximativement l'augmentation annuelle de l'indice combinée des prix et des salaires à la construction routière, un ajustement inflationiste de 69% est appliqué soit 1.69 x 155≃ 262 dollars par pied carré.

Le taux d'augmentation de l'indice synthétique des prix à la construction routière au Québec a été de 4% par an de 1966 à 1972 et de 15% de 1970 à 1971. Quant à la main d'oeuvre routière, les salaires se sont accrus d'environ 9% par an dans la région de Québec de 1966 à 1973. Ces données ont été obtenues dans la publication de Statistique Canada, juin 1973, no. 62-002 pages 79 à 81. Nous considérons qu'un taux d'inflation de 6% des inputs est plus près de la réalité que celui de 3% utilisé par la firme Monti.

4- Finalement, étant donné la structure de type orthotrope proposé pour le pont de Tadoussac, un ajustement technologique réduit de 30% le coût unitaire d'un pont conventionnel soit 212 x .7≃ 183 dollars par pied carré.

ANNEXE 2 (SUITE)

Pont Tadoussac

Longueur	:	5,600 pieds
Largeur	:	54 pieds
Superficie	:	302,400 pieds carrés
Coût par pied carré	:	183 dollars
Estimé du coût du pont Tadoussac:		55,300,000 dollars

Remarque: Notre estimé du coût du pont de Tadoussac est très sommaire et n'a pour but que de nous donner un ordre de grandeur qui mérite d'être étudié.

ANNEXE 3

PRÉVISIONS DE CIRCULATION ENTRE BAIE-STE-CATHERINE ET TADOUSSAC

NOMBRE DE VÉHICULES

	Rapport Montambeault	Rapport Monti et Associés		
	3%	4%	5%	6%
1977	394,551	450,000	450,000	450,000
1991	596,793 (1)	779,254	890,969	1,017,406
2000	778,680	1,109,121	1,382,185	1,718,887
2010	1,046,481	1,641,771	2,251,434	3,078,265
2020	1,406,481	2,430,222	3,667,350	5,512,704
2027	1,729,674	3,198,007	5,160,329	8,289,069

	Nos prévisions			
	3%	4%	5%	6%
1972 (2)	329,000	329,000	329,000	329,000
1977 (3)	306,400	325,279	344,896	365,276
1991	463,457	563,278	682,870	825,853
2000	604,706	801,720	1,059,356	1,395,262
2010	812,675	1,186,741	1,725,579	2,498,703
2020	1,092,167	1,756,667	2,810,787	4,474,797
2027	1,343,228	2,311,654	3,955,060	6,728,440

(1) Les prévisions du rapport Montambeault se terminent en 1991.
(2) Circulation effective prélevée par la Cie Charlevoix-Saguenay.
(3) Circulation réduite de 75,000 véhicules dû au nouveau traversier entre Rivière-du-Loup et Tadoussac.
(4) Capacité semblable aux traversiers Québec-Lévis.
% - taux d'accroissement annuel de la circulation

Rapport Monti
Nos prévisions

6,000,000
5,000,000
4,000,000
3,000,000
2,000,000
1,000,000
0

2,000,000 (4) 4 TRAVERSIERS
1,500,000 (4) 3 TRAVERSIERS
1,000,000 (4) 2 TRAVERSIERS

6%
6%
5%
5%
4%
4%
3%

1977 1991 2000 2003 2010 2013 2020 2027

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

ANNEXE 4

TABLEAU DE SENSIBILITE DES BENEFICES SELON LES HYPOTHESES DE LA FIRME MONTI ET NOS PROPRES HYPOTHESES

(Les chiffres entre parenthèses sont ceux de la firme Monti)

Taux d'accroissement annuel de la circulation	4%	5%		6%	
Période (années)	50	50	36	50	29
Taux d'actualisation[1] correspondant au taux d'intérêt sur obligations gouvernementales sujettes à l'inflation					
(8%)	(68,600,000)	(87,500,000)		(110,000,000)	
8½% (8½%)	47,734,000 (71,750,000)	36,865,000 (77,175,000)	40,887,000[3]	(95,000,000)	38,085,000[7]
(9%)	(56,000,000)	(68,600,000)		(86,000,000)	
9½% (9½%)	(51,000,000)	(61,750,000)		(75,000,000)	
10%	36,300,000	59,770,200	34,126,000[4]		32,563,000[8]
Taux d'actualisation sans inflation correspondant au taux d'intérêt "pur"					
3%	41,950,000	71,990,000	37,245,000[5]		35,465,000[9]
4%	34,495,000	55,255,000	32,615,000[6]		31,845,000[10]

1- En ambiance inflationiste, le prix des inputs est augmenté aux taux annuels suivants: Rapport Monti 3%
Notre étude 6%

2- En ambiance non inflationiste le prix des inputs, dans le temps, est maintenu en dollars constants (1977)

Valeur présente de la dépréciation du pont:
3- 45,634,000
4- 48,305,000
5- 46,925,000
6- 48,675,000
7- 39,480,000
8- 43,190,000
9- 41,245,000
10- 43,720,000

ANNEXE 5

TABLEAU DE SENSIBILITE DU RAPPORT BENEFICE-COUT SELON LES HYPOTHESES DE LA FIRME MONTI ET NOS PROPRES HYPOTHESES

(Les chiffres entre parenthèses sont ceux de la firme Monti)

Taux d'accroissement annuel du trafic	4%	5%		6%	
Période (années)	50	50	36	50	29
Taux d'actualisation[1] (intérêt sur obligations gouvernementales sujettes à l'inflation)					
(8%)	(1.96)	- (2.5)		(3.14)	
8½% (8½%)	.86 (2.05)	1.57 (2.21)	.89	(2.71)	.96
(9%)	(1.60)	(1.96)		(2.45)	
(9½%)	(1.45)	(1.76)		(2.14)	
10%	.66	1.08	.71		.75
Taux d'actualisation[2] sans inflation correspondant au taux d'intérêt "pur"					
3%	.76	1.30	.80		.86
4%	.62	1.00	.67		.72

1- En ambiance inflationiste, le prix des inputs est augmenté aux taux annuels suivants: Rapport Monti 3%
Notre étude 6%

2- En ambiance non inflationiste le prix des inputs, dans le temps, est maintenu en dollars constants (1977)

ANNEXE 6

CALCUL DE LA VALEUR PRESENTE DEPRECIEE (VPD) D'UN INVESTISSEMENT APRES X ANNEES EN UTILISANT LA FORMULE DE DEPRECIATION DITE D'AMORTISSEMENT

Cette formule signifie que la dépréciation d'un investissement s'accélère au fil des années (plutôt qu'une dépréciation constante si on utilise la dépréciation en ligne droite). L'auteur du livre "Economic Analysis for Highways", 1969, Robley Winfrey, à la page 162, utilise la formule suivante pour connaître la dépréciation d'un investissement après x années soit:

$$Bx = Bd\left[\frac{(1+i)^n - (1+i)^x}{(1+i)^n - 1}\right]$$

Bx = Valeur de l'investissement non déprécié après x années. Par exemple si l'investissement initial est de $1,000.00 et qu'au bout de x années, Bx = 200, l'investissement non déprécié sera égal à 20% de sa valeur initiale.

Bd = coût de l'investissement initial. i = taux d'intérêt

n = vie utile de l'investissement $n > x$

Nous assumons une valeur nulle à la fin de la vie utile de l'investissement.

De cette formule on peut calculer la valeur présente de l'investissement non dépréciée après x années en divisant Bx par $(1+i)^x$.

Et la valeur présente dépréciée de l'investissement après x années sera:

$$V.P.D. = Bd - \frac{Bx}{(1+i)^x}$$

Une autre façon de calculer V.P.D.

La valeur présente dépréciée de l'investissement après x années est l'équivalent de la valeur présente de x annuités ou déboursés annuels égaux requis pendant la vie utile de l'investissement. En termes plus simples, ces annuités sont semblables au remboursement par versements égaux d'une hypothèque pendant n périodes, la période étant soit mensuelle (mensualité) ou soit annuelle (annuité).

Supposons que l'on connaisse l'annuité requise (CR) nécessaire à rembourser l'investissement (Bd), alors,

ANNEXE 6 (SUITE)

$$Bd = \frac{CR}{1+i} + \frac{CR}{(1+i)^2} + \ldots + \frac{CR}{(1+i)^n}$$

$$= CR(v + v^2 + \ldots + v^n)$$

$\frac{1}{1+i} = v$, i = taux d'intérêt

On est en présence d'une progression géométrique, dont le premier terme est v et la raison v. On obtient:

$$Bd = \frac{v}{1-v} \cdot (1-v^n) \cdot CR$$

donc $$CR = Bd \cdot \frac{(1-v)}{v} \cdot \frac{1}{(1-v^n)}$$

Après x années la valeur présente des annuités CR représente la valeur présente dépréciée de l'investissement (VPD)

$$V.P.D. = CR \frac{v}{(1-v)} (1-v^x) = Bd \frac{(1-v)}{v} \frac{1}{(1-v)^n} \frac{v}{(1-v)} (1-v^x)$$

$$= Bd \frac{(1-v^x)}{(1-v^n)}$$

Exemple:

Bd = 1,000 vie utile 50 ans

On veut connaître la valeur présente dépréciée de Bd après 40 ans en utilisant:

1) un taux d'intérêt "pur" de 5%. Dans ce cas $v = \frac{1}{1.05}$

2) un taux d'intérêt nominal de 11% incluant un taux d'inflation de 6%. Dans ce cas $v = \frac{1.06}{1.11}$

V.P.D. (utilisant un taux d'intérêt sans inflation)

$$= 1000 \frac{1-v^{40}}{1-v^{50}}$$

$$= 939.9$$

V.P.D. (utilisant un taux nominal qui tient compte de l'inflation)

ANNEXE 6 (SUITE)

$$= 1000 \frac{1 - v^{40}}{1 - v^{50}}$$

$$= 935.1$$

Dans cet exemple, utiliser un taux d'intérêt ou taux d'actualisation qui tient compte de l'inflation exprime implicitement la présence d'un taux d'intérêt sans inflation. Le rapport Monti utilise un taux d'actualisation qui tient compte de l'inflation. On n'a qu'à prendre la différence entre le taux d'intérêt avec inflation et le taux d'augmentation du prix des inputs pour obtenir un taux d'intérêt approximatif "pur". Ainsi est-il plus facile de comparer sur une base de taux d'intérêt "pur", les calculs du rapport Monti avec les nôtres.

ANNEXE 7

DISTRIBUTION HORAIRE MOYENNE D'ETE EN TERMES DE POURCENTAGE DE LA CIRCULATION ANNUELLE A ST-FIDELE ET AU PONT PIERRE-LAPORTE - JUIN -SEPTEMBRE 1971

	PONT PIERRE LAPORTE		ST-FIDELE	
HEURE	MOYENNE	HEURE MOYENNE EN % DE LA CIRCULATION ANNUELLE (% L)	MOYENNE	HEURE MOYENNE EN % DE LA CIRCULATION ANNUELLE (% F)
1	637	.0060	37	.0062
2	394	.0037	26	.0044
3	267	.0025	20	.0034
4	191	.0018	18	.0030
5	163	.0015	18	.0030
6	231	.0022	24	.0040
7	779	.0073	38	.0064
8	1570	.0148	64	.0107
9	1775	.0167	80	.0134
10	1672	.0158	107	.0180
11	1736	.0164	131	.0220
12	1733	.0163	134	.0225
13	1739	.0164	131	.0220
14	2090	.0197	171	.0287
15	2096	.0198	174	.0292
16	2135	.0201	179	.0300
17	2738	.0258	179	.0300
18	2624	.0247	166	.0279
19	2008	.0189	129	.0217
20	2025	.0191	132	.0222
21	1796	.0169	120	.0202
22	1551	.0146	87	.0146
23	1181	.0111	63	.0106
24	982	.0093	48	.0081

CIRCULATION ANNUELLE:

Pont Pierre Laporte	10,600,631
St-Fidèle	595,498

ANNEXE 8

FORMULE DE CALCUL DE LA DISTRIBUTION

HORAIRE MOYENNE D'ETE PROJETEE A TADOUSSAC

TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION ANTICIPE A 5%

$$X \frac{(X-F)}{L-F} \cdot \left(\%L + \frac{\frac{L-X}{L-F} \cdot X}{\frac{X-F}{L-F} \cdot X} \cdot \%F\right) \cdot \frac{1}{100}$$

L: Circulation annuelle au pont Pierre-Laporte en 1971
F: Circulation annuelle à St-Fidèle en 1971
X: Circulation annuelle anticipée à Tadoussac à l'année "n".

Exemple:

Horaire moyenne anticipée à Tadoussac à 16 heures en 2022

$$775377 \left(.0201 + \frac{2323515}{775377} \cdot .0300\right) \cdot \frac{1}{100}$$

$= 853$

		X	X-F	L-X	$\frac{X-F.X}{L-F}$	$\frac{L-X}{L-F}.X$
0	1977					
1	78					
2	79					
3	80					
4	81					
5	82					
6	83					
7	84					
8	85					
9	86					
10	87					
11	88					
12	89					
13	90					
14	91					
15	92					
16	93					
17	94					
18	95					
19	96					
20	97					
21	98					
22	99					
23	2000					
24	01					
25	02					
26	03					
27	04					
28	05					
29	06					
30	07					
31	08					
32	09					
33	10					
34	11					
35	12					
36	13					
37	14	2,097,453	1,501,955	8,503,178	314,866	1,782,587
38	15	2,202,325	1,606,827	8,398,306	353,694	1,848,631
39	16	2,312,442	1,716,944	8,288,189	396,830	1,915,612
40	17	2,428,064	1,832,566	8,172,567	444,730	1,983,333
41	18	2,549,467	1,953,969	8,051,164	497,902	2,051,564
42	19	2,676,940	2,081,442	7,923,691	556,904	2,120,036
43	20	2,810,788	2,215,290	7,789,843	622,352	2,188,436
44	21	2,951,327	2,355,829	7,649,304	694,925	2,256,401
45	22	3,098,893	2,503,395	7,501,738	775,377	2,323,515
46	23	3,253,838	2,658,340	7,346,793	864,537	2,389,301
47	24	3,416,529	2,821,031	7,184,102	963,319	2,453,210
48	25	3,587,356	2,991,858	7,013,275	1,072,735	2,514,621
49	26	3,766,724	3,171,226	6,833,907	1,193,900	2,572,823
50	27	3,955,060	3,359,562	6,645,571	1,328,045	2,627,015

ANNEXE 9

DISTRIBUTION HORAIRE MOYENNE D'ETE PROJETEE DE LA CIRCULATION A TADOUSSAC EN L'AN 2022 ANTICIPANT UN TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION DE 5%. (CALCULEE D'APRES LES DONNEES DES ANNEXES 6 ET 7)

Heure	Année 2022
1	190
2	131
3	98
4	84
5	81
6	110
7	205
8	363
9	441
10	541
11	638
12	649
13	638
14	820
15	832
16	853[1]
17	897
18	840
19	651
20	664
21	600
22	452
23	332
24	260

1: voir annexe 8

ANNEXE 10

EXEMPLE DE CALCUL DE LA FILE D'ATTENTE ET DU DETOURNEMENT DE TRAFIC VIA CHICOUTIMI POUR L'ANNEE 2025

Heure	Arrivée	Départ	File d'attente - max. 2 heures	Detour
11	729	650	79	
12	741	"	170	
13	729	"	249	
14	933	"	532	
15	947	"	829	
16	970	"	1149	
17	1031	"	1300	230
18	967	"	1300	317
19	748	"	1300	98
20	763	"	1300	113
21	689	"	1300	39
22	524	"	1174	
23	386	"	910	
24	303	"	563	
1	220	"	133	
2	150	"	0	
			12288	797

ANNEXE 11

FILE ANNUELLE ET DETOURNEMENT DE LA CIRCULATION A TADOUSSAC

TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION ANTICIPE A 5%

0	1977					
1	78					
2	79					
3	80					
4	81					
5	82					
6	83					
7	84					
8	85					
9	86					
10	87					
11	88					
12	89					
13	90					
14	91					
15	92					
16	93					
17	94					
18	95					
19	96					
20	97					
21	98					
22	99					
23	2000					
24	01					
25	02					
26	03					
27	04					
28	05					
29	06					
30	07					
31	08					
32	09					
33	10					
34	11					
35	12	FILE JOUR MOYEN D'ETE (1)	FACTEUR JOUR MOYEN ANNUEL ÷ JOUR MOYEN D'ETE (2)	FILE ANNUELLE (1)x(2)x365	DETOUR JOUR MOYEN D'ETE (3)	DETOUR ANNUEL DU TRAFIC (3)x(2)x365
36	13	35	.737	9,416		
37	14	336	.738	90,508		
38	15	1,491	.740	402,719		
39	16	2,128	.741	575,550		
40	17	3,492	.743	947,013		
41	18	5,118	.745	1,391,712		
42	19	7,349	.747	2,003,742		
43	20	10,213	.748	2,788,353		
44	21	11,355	.750	3,108,431	394	107,857
45	22	12,288[1]	.752[2]	3,372,810	797	218,761
46	23	13,167	.755	3,628,496	1,219	335,926
47	24	14,101	.758	3,901,324	1,685	466,189
48	25					
49	26					
50	27					

1: voir annexe 10

2: $\frac{3,587,356}{365} \times \frac{1}{12288} = .752$

ANNEXE 12

COUT ADDITIONNEL OCCASIONNE PAR LA FILE

D'ATTENTE ET DE DETOURNEMENT DE LA CIRCULATION

A TADOUSSAC. TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL

DE LA CIRCULATION ANTICIPE A 5%. TAUX D'INFLATION DE 6%

		FILE ANNUELLE (1)	COÛT ANNUEL DE LA FILE D'ATTENTE $ COURANTS (1)x2.50x(1.06)^n	DETOUR ANNUEL DU TRAFIC (2)	COUT ANNUEL DU DETOUR $ COURANTS (2)X$15.75[1]x(1.06)^n
0	1977				
1	78				
2	79				
3	80				
4	81				
5	82				
6	83				
7	84				
8	85				
9	86				
10	87				
11	88				
12	89				
13	90				
14	91				
15	92				
16	93				
17	94				
18	95				
19	96				
20	97				
21	98				
22	99				
23	2000				
24	01				
25	02				
26	03				
27	04				
28	05				
29	06				
30	07				
31	08				
32	09				
33	10				
34	11				
35	12				
36	13				
37	14				
38	15				
39	16	9,416	228,420		
40	17	90,508	2,327,345		
41	18	402,719	10,976,972		
42	19	575,550	16,629,122		
43	20	947,013	29,003,220		
44	21	1,391,712	45,180,190		
45	22	2,003,742	68,951,768		
46	23	2,788,353	101,707,964		
47	24	3,108,431	120,186,708	107,857	26,273,150
48	25	3,372,810	138,233,522	218,761	56,484,949
49	26	3,628,496	157,635,473	335,926	91,941,477
50	27	3,901,324	179,656,946	466,189	135,249,523

n : nombre d'années écoulées depuis 1977

1 : distance parcourue en passant par Chicoutimi: 60 milles
temps du parcours: 1 1/2 heures
coût du mille: 0.20 en 1977
coût total par voiture détournée: 1.5 x $2.50 + 60 x $.20=$15.75

ANNEXE 13

VALEUR PRESENTE DES COUTS ADDITIONNELS DE LA FILE D'ATTENTE ET DU DETOURNEMENT DE LA CIRCULATION A TADOUSSAC. TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION ANTICIPEE A 5%. TAUX D'ACTUALISATION 8.5%

TAUX D'INFLATION 6%

		COUT TOTAL FILE + DETOUR $ COURANTS (1)	VALEUR PRESENTE (1)÷(1.085)^n	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE(1977)
0	1977			
1	78			
2	79			
3	80			
4	81			
5	82			
6	83			
7	84			
8	85			
9	86			
10	87			
11	88			
12	89			
13	90			
14	91			
15	92			
16	93			
17	94			
18	95			
19	96			
20	97			
21	98			
22	99			
23	2000			
24	01			
25	02			
26	03			
27	04			
28	05			
29	06			
30	07			
31	08			
32	09			
33	10			
34	11			
35	12			
36	13			
37	14			
38	15			
39	16	228,420	9,500	9,500
40	17	2,327,345	89,100	98,600
41	18	10,076,972	387,100	485,700
42	19	16,629,122	540,500	1,026,200
43	20	29,003,220	868,900	1,895,100
44	21	45,180,190	1,247,500	3,142,600
45	22	68,951,768	1,754,700	4,897,300
46	23	101,707,964	2,385,500	7,282,800
47	24	146,459,852	3,166,100	10,448,900
48	25	194,718,471	3,879,500	14,328,400
49	26	249,576,950	4,582,900	18,911,300
50	27	314,906,469	5,329,600	24,240,900

n: nombre d'années écoulées depuis 1977.

ANNEXE 14

EPARGNE DU TEMPS DE LA CIRCULATION DETOURNEE QUI AUTREMENT AURAIT UTILISE LES TRAVERSIERS. (CALCULEE D'APRES LES DONNEES DE L'ANNEXE 11) TAUX D'ACTUALISATION 8 1/2%. TAUX D'INFLATION 6%

		DETOUR ANNUEL DU TRAFIC (1)	EPARGNE DU TEMPS SI LE TRAFIC AVAIT UTILISE LES TRAVERSIERS VALEUR COURANTE (1)x$1.25(1 .06)^n (2)	VALEUR PRESENTE (2)÷(1.085)^n	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE
0	1977				
1	78				
2	79				
3	80				
4	81				
5	82				
6	83				
7	84				
8	85				
9	86				
10	87				
11	88				
12	89				
13	90				
14	91				
15	92				
16	93				
17	94				
18	95				
19	96				
20	97				
21	98				
22	99				
23	2000				
24	01				
25	02				
26	03				
27	04				
28	05				
29	06				
30	07				
31	08				
32	09				
33	10				
34	11				
35	12				
36	13				
37	14				
38	15				
39	16				
40	17				
41	18				
42	19				
43	20				
44	21				
45	22				
46	23				
47	24	107,857	2,085,134	45,000	
48	25	218,761	4,482,924	89,300	
49	26	335,926	7,296,944	145,400	
50	27	466,189	8,587,273	157,700	437,400

n: nombre d'années écoulées depuis 1977.

EXEMPLE DE CALCUL DU COUT DES TRAVERSIERS ET DES QUAIS

EN DOLLARS COURANTS ASSUMANT UN TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION DE 5%

PERIODE 50 ANS. TAUX D'ACTUALISATION(INCLUANT L'INFLATION) DE 8½%

TAUX D'INFLATION DE 6%

		TRAVERSIERS	COUT $ COURANTS	ENTRETIEN $ COURANTS	QUAIS	COUT $ COURANTS	ENTRETIEN $ COURANTS
0	1977	$A_1 + B_1$	7,574,000	40,000	a + b	5,050,000	20,000
1	78			42,400			21,200
2	79			44,900			22,500
3	80			47,600			23,800
4	81			50,500			25,200
5	82			53,500			26,700
6	83			56,700			28,400
7	84			60,100			30,000
8	85			63,700			31,900
9	86			67,600			33,800
10	87			71,600			35,800
11	88			75,900			38,000
12	89			80,500			40,200
13	90			85,300			42,700
14	91			90,400			45,200
15	92			95,900			47,900
16	93			101,600			50,800
17	94			107,700			53,800
18	95			114,200			57,000
19	96			121,000			60,500
20	97	$A_2 + B_2$	24,290,800[1]	128,260			64,100
21	98			136,000			68,000
22	99			144,100			72,100
23	2000	C_1	14,465,400[2]	229,100[4]	c + d	19,289,700[7]	152,900[6]
24	01			242,900			162,000
25	02			257,400			171,700
26	03			272,900			182,000
27	04			289,300			193,000
28	05			306,600			204,500
29	06			325,000			216,800
30	07			344,500			229,800
31	08	D_1	23,055,600[3]	486,900[5]			243,600
32	09			516,100			258,200
33	10			547,100			273,700
34	11			579,900			290,200
35	12			614,700			307,600
36	13			651,600			326,000
37	14			690,700			345,600
38	15			732,100			366,300
39	16			776,100			388,300
40	17	$A_3 + B_3$	79,904,000	822,600			411,600
41	18			872,000			436,300
42	19			924,300			462,400
43	20	C_2	46,392,500[9]	979,800			490,200
44	21			1,038,500			519,600
45	22			1,100,900			550,800
46	23			1,166,900			583,800
47	24			1,237,000			618,800
48	25			1,311,100			656,000
49	26			1,389,000			695,300
50	27			1,473,200			737,100

1- $3,787,000 \times 1.06^{20} \times 2 = 24,290,844$

2- $3,787,000 \times 1.06^{23} = 14,465,391$

3- $3,787,000 \times 1.06^{31} = 23,055,637$

4- $144,100 \times 1.06 \times \frac{3}{2} = 229,119$

5- $344,500 \times 1.06 \times \frac{4}{3} = 486,900$

6- $72,100 \times 1.06 \times \frac{4}{2} = 152,900$

7- $5,050,000 \times 1.06^{23} = 19,289,735$

8- $7,574,000 \times 1.06^{40} = 79,904,027$

9- $3,787,000 \times 1.06^{43} = 46,392,471$

ANNEXE 15 (SUITE)

COUT DES TRAVERSIERS ET DES QUAIS RAMENE A UNE VALEUR PRESENTE

		CASH FLOWS $ COURANTS	CASH FLOWS VALEUR PRESENTE (1977)	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE(1977) DES CASH FLOWS
0	1977	12,684,000	12,684,000	12,684,000
1	78	63,600	58,600	12,742,600
2	79	67,400	57,300	12,799,900
3	80	71,400	55,900	12,799,900
4	81	75,700	54,600	
5	82	80,200	53,300	
6	83	85,100	52,200	
7	84	90,100	50,900	
8	85	95,600	49,800	
9	86	101,400	48,700	
10	87	107,400	47,500	
11	88	113,900	46,400	
12	89	120,700	45,300	
13	90	128,000	44,300	
14	91	135,600	43,300	
15	92	143,800	42,300	
16	93	152,400	41,300	
17	94	161,500	40,400	
18	95	171,200	39,400	
19	96	181,500	38,500	
20	97	24,483,200	4,789,300	
21	98	204,000	36,800	
22	99	216,200	35,900	
23	2000	34,137,100	5,228,000	
24	01	404,900	57,200	
25	02	429,100	55,800	
26	03	454,900	54,500	
27	04	482,300	53,300	
28	05	511,100	52,100	
29	06	541,800	50,900	
30	07	574,300	49,700	
31	08	23,786,100	1,896,700	
32	09	774,300	56,900	
33	10	820,800	55,600	
34	11	870,100	54,300	
35	12	922,300	53,100	
36	13	977,600	51,800	
37	14	1,036,300	50,700	
38	15	1,098,400	49,500	
39	16	1,164,300	48,300	
40	17	81,138,200	3,104,800	
41	18	1,308,300	46,100	
42	19	1,386,700	45,100	
43	20	47,862,400	1,433,900	
44	21	1,558,100	43,000	
45	22	1,651,600	42,000	
46	23	1,750,700	41,100	
47	24	1,855,700	40,100	
48	25	1,967,100	29,200	
49	26	2,085,100	38,300	
50	27	2,210,300	37,400	31,285,300

Valeur présente non dépréciée du traversier D_1, $3,787,000.v^{31}.\left(1-\frac{1-v^{19}}{1-v^{20}}\right)$ = 73,000

" " " " des traversiers A_3 et B_3 $7,574,000.v^{40}.\left(1-\frac{1-v^{10}}{1-v^{20}}\right)$ = 1,317,700

" " " " du traversier C_2, $3,787,000.v^{43}.\left(1-\frac{1-v^{7}}{1-v^{20}}\right)$ = 828,100

2,218,800

$v = \frac{1.06}{1.085}$

ANNEXE 16

CALCUL DU RAPPORT BENEFICE-COUT DANS NOTRE ETUDE
UTILISANT UN TAUX D'ACTUALISATION (INCLUANT L'INFLATION) DE $8\frac{1}{2}\%$
DONNEES PRISES DANS LES ANNEXES 11 A 15 - PERIODE DE 50 ANS
TAUX D'INFLATION DE 6% - TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRUCLATION DE 5%

EPARGNE DU TEMPS

$$344{,}896 \times 1.25 \left[\frac{\left(\frac{1.05 \times 1.06}{1.085}\right)^{51} - 1}{\frac{1.05 \times 1.06}{1.085} - 1} \right] = 44{,}558{,}300$$

Cirulation (détournée) non embarquée	-437,400
File d'attente et circulation détournée	24,240,900
Epargne du temps nette	68,361,800

ENTRETIEN DU PONT

$$350{,}000 \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1.06}{1.085}\right)^{51}}{1 - \frac{1.06}{1.085}} \right] = 10{,}563{,}600$$

BENEFICES		COUT	
Traversiers	31,285,300	Pont	55,300,000
Valeur présente non-dépréciée des traversiers A_3, B_3, C_2 et D_1:	-2,218,800	B/C=	1.57
Epargne nette	68,361,800		
Entretien du pont	-10,563,600		
Bénéfice net:	86,864,700		

ANNEXE 17

CALCUL DU RAPPORT BENEFICE-COUT DANS NOTRE ETUDE
UTILISANT UN TAUX D'ACTUALISATION (INCLUANT L'INFLATION) DE $8\frac{1}{2}\%$
PERIODE DE 36 ANS - TAUX D'INFLATION DE 6%
TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION DE 5%

EPARGNE DU TEMPS

$$344{,}896 \times 1.25 \left[\frac{\left(\frac{1.05 \times 1.06}{1.085}\right)^{37} - 1}{\frac{1.05 \times 1.06}{1.085} - 1} \right] = 26{,}177{,}700$$

VALEUR PRESENTE DEPRECIEE DU PONT(VPD)

$$55{,}300{,}000 \left(\frac{1-v^{36}}{1-v^{50}}\right) = 45{,}634{,}000$$

$$v = \frac{1.06}{1.085}$$

ENTRETIEN DU PONT

$$350{,}000 \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1.06}{1.085}\right)^{37}}{1 - \frac{1.06}{1.085}} \right] = 8{,}778{,}300$$

BENEFICES		COUT	
Traversiers	26,225,800	Pont	45,634,000
Valeur présente non-dépréciée des traversiers A_2, B_2, C_1 et D_1	- 2,738,200	B/C	=.89
Epargne du temps	26,177,700		
Entretien du pont	- 8,778,300		
Bénéfice net	40,887,000		

ANNEXE 18

(Données prises dans les annexes 19 à 21)

CALCUL DU RAPPORT BENEFICE-COUT DANS NOTRE ETUDE UTILISANT UN TAUX D'ACTUALISATION "PUR" DE 6%. CE TAUX CORRESPOND APPROXIMATIVEMENT AU TAUX NOMINAL DE 9% UTILISE PAR LA FIRME MONTI MOINS SON TAUX D'INFLATION DE 3%

TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION ASSUME A 5% PENDANT 50 ANS

EPARGNE DU TEMPS

$$344{,}896 \times \$1.25 \cdot \left[\frac{1 - \left(\frac{1.05}{1.06}\right)^{51}}{1 - \frac{1.05}{1.06}}\right] = 17{,}517{,}500$$

CIRCULATION (DETOURNEE) NON-EMBARQUEE −32,000

EPARGNE DU TEMPS DE LA FILE D'ATTENTE ET DE LA CIRCULATION DETOURNEE 9,293,400

EPARGNE DU TEMPS NETTE 26,778,900

ENTRETIEN DU PONT 350,000 $\left[\frac{1 - \left(\frac{1}{1.06}\right)^{51}}{1 - \frac{1}{1.06}}\right] = 5{,}866{,}600$

BENEFICES		COUT	
TRAVERSIERS	20,161,400	Pont	55,300,000
VALEUR PRESENTE(1977) NON-DEPRECIEE DES TRAVERSIERS A_3, B_3, C_2 et C_1	−484,100	B/C = .73	
EPARGNE NETTE	26,778,900		
ENTRETIEN DU PONT	−5,866,600		
BENEFICE NET	40,589,600		

ANNEXE 19

CALCUL DU COUT DES TRAVERSIERS ET DES QUAIS EN DOLLARS CONSTANTS

ASSUMANT UN TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION DE 5%

PERIODE DE 50 ANS. TAUX D'ACTUALISATION "PUR" OU SANS INFLATION DE 6%

		TRAVERSIERS	COUT $ CONSTANTS (1977)	ENTRETIEN $ CONSTANTS (1977)	QUAIS	COUT $ CONSTANTS (1977)	ENTRETIEN $ CONSTANTS (1977)
0	1977	A_1+B_1	7,574,000	40,000	a+b	5,050,000	20,000
1	78			"			"
2	79			"			"
3	80			"			"
4	81			"			"
5	82			"			"
6	83			"			"
7	84			"			"
8	85			"			"
9	86			"			"
10	87			"			"
11	88			"			"
12	89			"			"
13	90			"			"
14	91			"			"
15	92			"			"
16	93			"			"
17	94			"			"
18	95			"			"
19	96			"			"
20	97	A_2+B_2	7,574,000	60,000	c + d	5,050,000	40,000
21	98			"			"
22	99			"			"
23	2000	C_1	3,787,000	"			"
24	01			"			"
25	02			"			"
26	03			"			"
27	04			"			"
28	05			"			"
29	06			"			"
30	07			"			"
31	08	D_1	3,787,000	80,000			"
32	09			"			"
33	10			"			"
34	11			"			"
35	12			"			"
36	13			"			"
37	14			"			"
38	15			"			"
39	16						
40	17	A_3+B_3	7,574,000	"			"
41	18			"			"
42	19			"			"
43	20	C_2	3,787,000	"			"
44	21			"			"
45	22			"			"
46	23			"			"
47	24			"			"
48	25			"			"
49	26			"			"
50	27			"			"

ANNEXE 19 (SUITE)

COUT DES TRAVERSIERS ET DES QUAIS RAMENE A UNE VALEUR PRESENTE

		CASH FLOWS $ CONSTANTS(1977)	CASH FLOWS VALEUR PRESENTE (1977)	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE(1977) DES CASH FLOWS
0	1977	12,684,000	12,684,000	12,684,000
1	78	60,000	56,600	
2	79	"	53,400	
3	80	"	50,400	
4	81	"	47,500	
5	82	"	44,800	
6	83	"	42,300	
7	84	"	39,900	
8	85	"	37,600	
9	86	"	35,500	
10	87	"	33,500	
11	88	"	31,600	
12	89	"	29,800	
13	90	"	28,100	
14	91	"	26,500	
15	92	"	25,000	
16	93	"	23,600	
17	94	"	22,300	
18	95	"	21,000	
19	96	"	19,800	
20	97	7,634,000	2,280,300	
21	98	60,000	17,600	
22	99	"	16,500	
23	2000	8,937,000	2,339,700	
24	01	100,000	24,700	
25	02	"	23,300	
26	03	"	22,000	
27	04	"	20,700	
28	05	"	19,600	
29	06	"	18,400	
30	07	"	17,400	
31	08	3,907,000	641,700	
32	09	120,000	18,600	
33	10	"	17,500	
34	11	"	16,500	
35	12	"	15,600	
36	13	"	14,700	
37	14	"	13,900	
38	15	"	13,100	
39	16	"	12,400	
40	17	7,694,000	748,000	
41	18	120,000	11,000	
42	19	"	10,400	
43	20	3,907,000	318,900	
44	21	120,000	9,200	
45	22	"	8,700	
46	23	"	8,200	
47	24	"	7,800	
48	25	"	7,300	
49	26	"	6,900	
50	27		6,500	20,161,400

Valeur présente non-dépréciée du traversier D_1 $3,787,000. \; v^{31} . \left(1 - \frac{1-v^{19}}{1-v^{20}}\right)$ = 16,900

" " " " des traversiers A_3 et B_3 $7,574,000. v^{40} . \left(1 - \frac{1-v^{10}}{1-v^{20}}\right)$ = 268,800

" " " " du traversier C_2 $3,787,000. v^{43} . \left(1 - \frac{1-v^{10}}{1-v^{20}}\right)$ = 198,400

484,100

$v = \frac{1}{1.06}$

ANNEXE 20

VALEUR PRESENTE DES COUTS ADDITIONNELS DE LA FILE D'ATTENTE
ET DU DETOURNEMENT DE LA CIRCULATION A TADOUSSAC
TAUX D'ACCROISSEMENT ANNUEL DE LA CIRCULATION ANTICIPE A 5%
TAUX D'ACTUALISATION "PUR" DE 6%

		COUT TOTAL FILE + DETOUR $ CONSTANTS(1977) (1)	VALEUR PRESENTE (1977) (1)÷(1.06)^n	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE(1977)
0	1977			
1	78	23,540	2,400	2,400
2	79	226,270	22,000	
3	80	1,006,800	92,300	
4	81	1,438,900	124,500	
5	82	2,367,500[1]	398,100	
6	83	3,479,300	552,000	
7	84	5,009,400	749,700	
8	85	6,970,900	984,200	
9	86	9,469,800	1,261,300	
10	87	11,877,500	1,492,500	
11	88	14,362,000	1,702,500	
12	89	17,095,800	1,911,900	9,293,400
13	90			
14	91			
15	92			
16	93			
17	94			
18	95			
19	96			
20	97			
21	98			
22	99			
23	2000			
24	01			
25	02			
26	03			
27	04			
28	05			
29	06			
30	07			
31	08			
32	09			
33	10			
34	11			
35	12			
36	13			
37	14			
38	15			
39	16			
40	17			
41	18			
42	19			
43	20			
44	21			
45	22			
46	23			
47	24			
48	25			
49	26			
50	27			

1: A l'annexe 12, la file annuelle à l'an 2020 est de 947,013. Le coût de la file en dollars constant est de 947,013 x $2.50 = 2,367,500.

n: nombre d'années écoulées depuis 1977.

ANNEXE 21

EPARGNE DU TEMPS DE LA CIRCULATION DETOURNEE QUI AUTREMENT AURAIT UTILISE LES TRAVERSIERS (CALCULEE D'APRES LES DONNEES DE L'ANNEXE 11)

TAUX D'ACTUATISATION PUR DE 6%

		DETOUR ANNUEL DU TRAFIC (1)	EPARGNE DU TEMPS SI (1) AVAIT UTILISE LES TRAVERSIERS $ CONSTANTS (1977) (1)x1.25 (2)	VALEUR PRESENTE (1977) (2)÷(1.06)^n	CUMULATIF DE LA VALEUR PRESENTE
0	1977				
1	78				
2	79				
3	80				
4	81				
5	82				
6	83				
7	84				
8	85				
9	86				
10	87				
11	88				
12	89				
13	90				
14	91				
15	92				
16	93				
17	94				
18	95				
19	96				
20	97				
21	98				
22	99				
23	2000				
24	01				
25	02				
26	03				
27	04				
28	05				
29	06				
30	07				
31	08				
32	09				
33	10				
34	11				
35	12				
36	13				
37	14				
38	15				
39	16				
40	17				
41	18				
42	19				
43	20				
44	21				
45	22				
46	23				
47	24	107,857	134,821	8,700	
48	25	218,761	273,451	8,200	
49	26	335,926	419,900	7,800	
50	27	466,189	582,700	7,300	32,000

n: nombre d'années écoulées depuis 1977.

REFERENCES

(1) Cost-Benefit Analysis, D.W. Pearce, MacMillan Studies in Economics, 1971, p. 40.

(2) La vérité des prix, H. Levy-Lambert, Editions du Seuil, 1969, p.93.

(3) Interest Rates and Price Level Changes 1952-69, W.P. Yoke and O.S. Karnosky, Federal Reserve Bank of St-Louis, 1969, p. 34.

(4) Summary and Evaluation of Economic Consequence of Highway Improvements, National Cooperative Highway Research Program, Report 122, 1971, Highway Research Board, p. 66.

(5) Economic Analysis for Highways, Robbley Winfrey, International Tentbook Company, 1969, pp. 181-184

(6) Strategie for the Evaluation of Alternative Transportation Plans, National Cooperative Research Program Report 96, 1970, Highway Research Board, page 47.

(7) Problèmes de voirie intergouvernementaux de la région de Montréal 2. Pont Jacques-Cartier, Lalonde, Valois, Lamarre, Valois et Associés, Contrat 1748, août 1971, page 21.

(8) Guide to Benefit-Cost Analysis, Sewell, Davis Scott and Ross, Conference on Resources for Tomorrow, 1961, p. 19.

(9) Unemployment Excess Capacity and Benefit-Cost Investment Criteria, R. Haverman and J. Krutilla, Review of Economics and Statistics, Vol 49, No. 3, 1968, p. 390.

MINISTERE DES TRANSPORTS
QTR A 103 782