

## **Résumé**

### **Vers une estimation des coûts socio-environnementaux des transports au Canada**

#### **Rapport préparé pour Transports Canada**

par

**Anming Zhang (directeur de projet), Anthony E. Boardman, David Gillen et  
W.G. Waters II**

en collaboration avec

Diane Forbes, Heng Ju, Alice Owen, Markus von Wartburg, Steve Yong et  
Andrew Yuen.

Ce rapport porte sur les principales méthodes d'estimation des coûts sociaux et environnementaux des transports. Il s'inscrit dans le cadre du travail soutenu fait par Transports Canada pour estimer le coût total des divers modes de transport, c'est-à-dire le coût total engendré et assumé par les utilisateurs des transports et les coûts sociaux ou externes imposés à l'ensemble de la société.

De nombreux éléments entrent dans le coût social total des transports. Une partie importante de ces éléments de coût est reconnue et assumée par les utilisateurs des transports; ce sont par exemple les coûts des véhicules et de leur fonctionnement. Certains coûts, par exemple le temps et l'effort consacrés par les automobilistes, sont subjectifs, mais demeurent reconnus et assumés par les utilisateurs. Certains coûts, par exemple les coûts de la pollution atmosphérique et les facteurs qui contribuent au réchauffement du globe, sont imposés à l'ensemble de la société. Enfin, certains coûts, comme les coûts des accidents de véhicules à moteur, sont assumés en partie par les utilisateurs et en partie par la société.

Le présent rapport se limite aux coûts des externalités. En nous fondant sur des données et sur l'expérience acquise ailleurs, nous estimons les coûts des externalités, en dollars canadiens de 2002, pour divers modes de transport interurbain et intraurbain des passagers et des marchandises.

Les externalités sont les coûts ou les avantages issus d'une activité économique qui touchent d'autres personnes que celles engagées dans l'activité économique et qui ne sont pas reflétés entièrement dans les prix. Une externalité induit une divergence entre le

coût social et le coût privé. Le problème est que les participants au marché considèrent uniquement que les coûts et avantages personnels lorsqu'ils prennent des décisions et que, s'il y a des externalités, les résultats du marché (somme des décisions individuelles) ne seront pas socialement optimaux.

On peut examiner le coût total des transports à deux fins distinctes, qui se recoupent partiellement. On peut vouloir mesurer le coût total (y compris les coûts environnementaux) des modes pour le comparer à la part assumée par les utilisateurs. Cela révélera le niveau de subvention implicite et permettra de voir comment il diffère d'un mode à l'autre. Le concept du coût moyen est adéquat à cette fin; la multiplication du coût moyen estimé par la production totale produira le coût total estimé. À noter qu'il est possible qu'une partie du coût moyen estimé soit reconnue et assumée par les utilisateurs et qu'une partie soit assumée par l'ensemble de la société.

On pourrait vouloir mesurer le coût social total des transports pour une deuxième raison, soit pour déterminer quelles mesures, par exemple en matière de réglementation ou de fixation des prix, il conviendrait de prendre au niveau des pouvoirs publics pour améliorer l'efficacité de l'utilisation des transports et des diverses combinaisons de modes de transport. Ici, il faut utiliser le concept du coût marginal, c'est-à-dire le coût incrémental des externalités associé au niveau actuel de la production de transport (qui différera selon les localités, par exemple comme le degré de congestion routière dans une communauté). À noter que si le coût marginal augmente – ce que l'on considère souvent comme une caractéristique des externalités du transport – il serait incorrect d'estimer le coût total en multipliant le coût marginal par la production totale, parce qu'on surestimerait alors le coût total. La plupart des ouvrages dans le domaine négligent ce détail dans leurs estimations du coût total de la pollution ou de celui d'autres externalités. La relation entre le coût moyen et le coût marginal des externalités est bien connue en ce qui concerne la congestion routière, mais la distinction est moins claire en ce qui a trait aux autres catégories d'externalités.

En plus d'estimer les coûts unitaires (moyens ou marginaux) des principales catégories d'externalités, nous avons cherché à déterminer quelle portion des coûts des externalités potentiels était assumée par les utilisateurs des transports. Cette détermination est claire pour certaines catégories, comme les retards causés par la congestion qui sont assumés à cent pour cent par les utilisateurs et les effets sur le changement climatique qui seraient assumés par le monde entier plutôt que par les seuls utilisateurs des transports. Mais ce qui est internalisé ou externe est moins clair dans le cas du coût des accidents par exemple.

Cinq catégories d'externalités sont examinées dans ce rapport :

- chapitre 2 : congestion et valeur du temps de déplacement,
- chapitres 3 et 4 : évaluation de la vie et coût des accidents,
- chapitre 5 : coût du bruit,
- chapitre 6 : coût de la pollution atmosphérique,

chapitre 7 : coût des gaz à effet de serre.

Il y a d'autres catégories d'externalités qui sont moins importantes et que nous n'avons pas examinées. Mentionnons entre autres la pollution de l'eau, les dommages causés par la vibration aux structures adjacentes aux installations de transport, l'intrusion visuelle (c'est-à-dire que les installations de transport ou leur fonctionnement peuvent interférer avec la capacité des gens de jouir de leur entourage ou du décor, les « effets de barrière », comme les perturbations sociales et communautaires causées par les installations de transport, les risques pour la sécurité (p. ex. les risques posés à la population en général par les actes terroristes possibles) et les situations dans lesquelles, d'une part, les prix marchands en vigueur dans d'autres secteurs ne reflètent pas les coûts marginaux sous-jacents et dans lesquelles, d'autre part, les activités de transport pourraient intensifier ces distorsions économiques, c'est-à-dire les questions de « second choix ».

Voici un résumé des chapitres.

### **Chapitre 1 : Introduction**

### **Chapitre 2 : Congestion considérée comme une externalité et valeur des économies de temps de déplacement**

Un des coûts sociaux les plus importants de nombreuses activités de transport est celui de la congestion. C'est un exemple classique d'externalité : les utilisateurs reconnaissent que les temps et les coûts de déplacement sont plus élevés en situation de congestion, mais ils ne reconnaissent que les coûts qu'ils engagent eux-mêmes et ne reconnaissent pas les coûts des retards qu'ils imposent aux autres. Le coût social marginal total d'une décision de fonctionner dans un système congestionné est plus grand que les coûts reconnus par un exploitant individuel. C'est une externalité intrasectorielle en ce sens que le coût total des retards est assumé collectivement par les utilisateurs des transports et n'est pas imposé directement au reste de la société, mais c'est quand même une externalité.

La mesure du coût de la congestion comporte deux étapes :

- 1) mesure des retards assumés individuellement et collectivement par les utilisateurs des transports,
- 2) estimation de la valeur que les utilisateurs attribuent à ces retards, c'est-à-dire évaluation des retards ou des économies de temps.

Nous commencerons par les économies de temps.

#### Évaluation des économies de temps de déplacement

Tant les arguments théoriques que les données empiriques confirment que les gens attribuent une valeur aux retards ou aux économies de temps, appelée communément valeur des économies de temps de déplacement (VETD). De nombreux ouvrages ont été écrits sur la VETD, et principalement dans le domaine du transport routier. Ces derniers ouvrages dominent notre examen, mais nous traitons aussi des

ouvrages qu'on peut trouver sur la VETD pour d'autres modes de transport et pour le transport des marchandises.

Au début, les ouvrages conceptuels liaient la VETD au taux de rémunération par le biais du compromis entre le temps de loisir et le temps de travail. Mais le concept pertinent pour ce qui est de la VETD est celui de l'évaluation du temps (entendre des retards) consacré à des activités spécifiques, par exemple le temps requis pour se déplacer afin de se rendre au travail ou de livrer une marchandise. Les ouvrages conceptuels sont passés en revue brièvement parce que nous nous intéressons surtout aux estimations empiriques de la VETD.

Les estimations empiriques de la VETD entrent dans deux grandes catégories : 1) les études fondées sur les préférences révélées (PR) qui infèrent la valeur du compromis temporel à partir des choix comportementaux, par exemple le choix de trajets à des coûts différents plus rapides ou plus lents ou le choix entre des modes de déplacement comportant des prix différents et 2) les méthodes des préférences exprimées (PE) ou les méthodes fondées sur des questionnaires qui demandent aux gens d'indiquer leurs préférences entre des économies de temps et d'autres caractéristiques telles que le prix du déplacement. Des études récentes ont réussi à combiner les deux méthodes pour une même population.

Cet examen repose sur divers examens approfondis des ouvrages dans le domaine. Nous résumons les ouvrages parus dans les années 90 à partir de ces examens précédents et examinons ensuite les contributions plus récentes. Des améliorations importantes ont été apportées aux méthodes d'évaluation et des raffinements ont été trouvés qui aident à mieux comprendre les facteurs qui sous-tendent la VETD.

Une mise en garde s'impose ici : les ouvrages sur la VETD ont surtout visé à élaborer des estimations en vue de l'évaluation des investissements à faire dans le cas des projets de transport. Une installation routière ou de transport améliorée profitera à tous les utilisateurs. Il importe peu que ces utilisateurs aient la même VETD, une VETD moyenne convient pour estimer les avantages que représentent les économies de temps. Mais si l'étude porte sur les divergences entre les coûts privés et les coûts sociaux et sur la possibilité d'utiliser la fiscalité ou la fixation des prix pour corriger ces divergences, une distribution asymétrique de la VETD a son importance (par exemple si un petit nombre ayant une grande VETD compense un grand nombre ayant une petite VETD) tout comme le fait qu'on attribue la même valeur à des grandes et à des petites économies de temps. Malheureusement, les ouvrages qui existent n'ont pas examiné de près la distribution sous-jacente de la VETD ni d'autres caractéristiques qui entrent en compte dans l'évaluation. La détermination du prix de la congestion requiert plus d'information sur la VETD des utilisateurs qu'il n'en faut pour une évaluation des investissements à faire dans le cas des projets.

Voici un résumé des résultats obtenus en ce qui a trait à la VETD :

Une VETD de base ou moyenne générale correspondrait à 50 % du taux de rémunération moyen. Toutefois, il n'est pas approprié de supposer une valeur constante

du temps à moins de ne pouvoir compter que sur les données les plus rudimentaires qui soient sur la composition du trafic. Nous proposons la segmentation suivante et les ajustements à apporter à l'évaluation des économies de temps de déplacement suivants :

- Aucune distinction basée sur le motif du déplacement ne devrait être faite dans le cas des voyages autres que pour le travail, et les économies de temps de déplacement devraient correspondre à 50 % du taux de rémunération moyen tant dans le cas des voyages de loisir que des déplacements liés au travail.
- Les économies de temps de déplacement sur les voyages d'affaires devraient correspondre au salaire brut majoré des frais généraux liés à la main-d'oeuvre.
- La valeur des économies de temps de déplacement varie avec le revenu (d'après les données actuelles, l'élasticité-revenu serait de 0,75). La VETD varie aussi avec la distance et une élasticité-distance positive de 0,3 est appropriée. Le revenu et la distance sont les deux plus importantes sources des variations observées entre les études, entre les régions et entre les modes.
- Aucun ajustement entre les différents modes à part le fait de tenir compte des différences entre les caractéristiques socioéconomiques des voyageurs (p. ex. revenu, motif du voyage) ou entre les caractéristiques des voyages (distance, temps d'attente).
- Les petites économies de temps de déplacement devraient avoir la même valeur unitaire que les grandes économies de temps de déplacement et les économies et les pertes de temps de déplacement devraient être évaluées d'une manière symétrique (même s'il pourrait être nécessaire d'examiner avec plus de soin la réaction des utilisateurs des transports à des petites économies de temps ou à des petits retards dans le cas où l'on prédit que des réactions comportementales vont faire suite à des changements dans les prix ou dans d'autres politiques publiques).
- Les économies de temps de déplacement devraient avoir deux fois plus de valeur lorsque le trafic est congestionné que lorsque le trafic n'est pas congestionné.
- Un facteur de pondération de deux pour le temps de marche à pied et de deux et demi pour le temps d'attente par rapport au temps en véhicule cadre avec les données récentes.
- Les données récentes montrent que la fiabilité du temps de déplacement est une part importante des économies de temps de déplacement. Sans connaissance plus approfondie de la façon dont la fiabilité varie avec le niveau de congestion sur la route, il est impossible de faire des recommandations quelles qu'elles soient, même si, à notre avis, il est crucial d'incorporer la fiabilité.
- Il faudrait porter une attention spéciale au fait que toutes les VETD et tous les ajustements proposés sont des moyennes. Certaines données donnent à penser que la distribution de la VETD sur la population serait asymétrique vers la droite (un petit nombre de personnes ont des valeurs très élevées tandis que la majorité a des valeurs assez faibles). Si cette constatation importe peu quand il s'agit de l'évaluation des investissements à faire, les changements comportementaux qui pourraient faire suite à l'imposition d'un péage à la congestion dépendront de la

distribution de la VETD et l'incidence de l'établissement d'un prix de la route sur les volumes de trafic pourrait être plus grande que celle prévue à l'aide d'une VETD constante.

Les données recueillies sur la valeur des économies de temps de déplacement des marchandises (VETDM) sont rares et présentent des écarts plus grands que les estimations de la VETD des voyageurs. La VETDM variera selon le type des biens transportés et selon d'autres caractéristiques telles que l'urgence de la livraison. Mais la variété des biens ayant des caractéristiques différentes est immense. Il semble de plus en plus que l'aspect le plus important du temps de déplacement des marchandises ne soit pas la réduction du temps de déplacement proprement dit, mais soit plutôt la fiabilité accrue des temps de livraison/temps prévus à l'horaire. Des études montrent que les valeurs attribuées à la fiabilité et aux retards à l'horaire excèdent probablement de plusieurs fois les valeurs attribuées aux économies de temps de déplacement des marchandises. Des estimations raisonnables de la VETDM moyenne varieraient entre 45 et 200 \$ par livraison dans le cas du transport routier. S'il est possible de tenir compte de la variabilité des temps de déplacement, les valeurs moyennes appropriées du temps de déplacement des marchandises proprement dit se situeraient à l'extrémité inférieure de l'étendue. L'amélioration des estimations de la VETDM devrait être prioritaire dans le cadre de la recherche.

#### Estimation des retards causés par la congestion

Le profil des retards causés par la congestion est traditionnellement représenté par une relation entre les temps de déplacement et les volumes de trafic par rapport à la capacité de l'installation. Cette relation est représentée dans les diagrammes types utilisés pour illustrer le concept de la fixation des prix de la congestion. Dans la figure E1 (figure 2.10.1.4 du chapitre 2), les automobilistes reconnaissent les coûts unitaires croissants auxquels ils font face à mesure que les volumes du trafic augmentent, appelés CPM pour coûts privés marginaux. Dans cet exemple, nous supposons que toutes les voitures et tous les automobilistes ont les mêmes coûts d'exploitation et la même VETD respectivement, désignés par le coût généralisé (coûts en temps et coût en argent combinés). Le CPM est aussi le coût social moyen (CSMo), c'est-à-dire le coût reconnu et assumé par l'ensemble des utilisateurs. Mais les utilisateurs marginaux ne font pas qu'augmenter leurs propres coûts de conduite, ils font aussi augmenter les coûts des autres utilisateurs. C'est ce qu'indique le coût social marginal (ou CSM), qu'on peut calculer par l'élasticité ou le taux d'augmentation du CPM à mesure que les volumes de trafic augmentent (le CSM correspond à l'augmentation unitaire du CPM ou du CSMo multiplié par le volume de trafic).

La demande de déplacement (exprimée comme le prix généralisé, c'est-à-dire les coûts en temps et en argent combinés) est illustrée. Comme on le sait bien, le fait de permettre aux gens de choisir ou non de conduire résulte en un volume de trafic  $V_1$ , où le coût perçu de façon privée, CPM, égale la demande. Le CSM est plus grand que le CPM, autrement dit le coût social marginal au-delà de  $V_2$  excède la valeur collective de la route

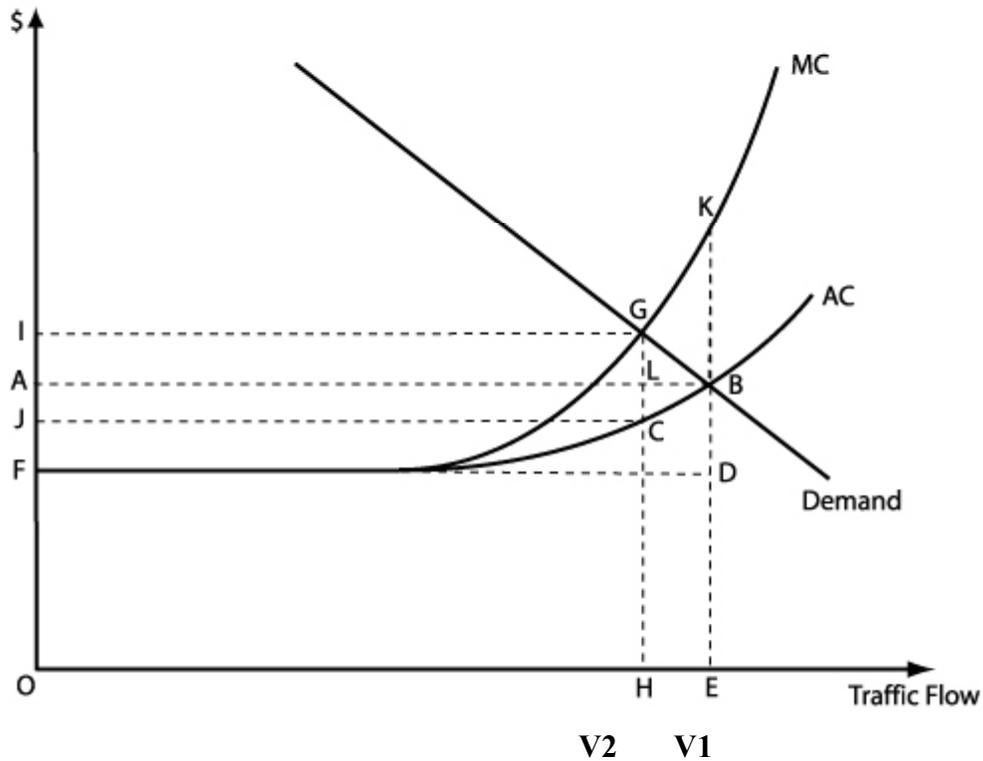
indiquée par la surface au-dessous de la courbe de demande. La correction de l'externalité à l'aide d'une taxe à la congestion égale à la divergence entre le CPM et le CSM produit le niveau optimal de congestion au volume V2. La figure E1 devient plus compliquée si la VETD est hétérogène, mais il est relativement facile de modéliser la congestion.

Toutefois, plusieurs croient que la congestion est plus compliquée que ce que montre la figure type vitesse-flux ci-dessus. Dans la théorie des réseaux, la congestion se manifeste souvent sous la forme de bouchons et de files d'attente dynamiques. C'est cette façon de voir la modélisation de la congestion que nous examinons. Si cette caractérisation de la congestion convient mieux que les relations types vitesse-flux, il en ressortira que les effets marginaux de l'ajout de véhicules seront plus compliqués que ce qu'on peut voir dans la figure E1. Le retard marginal dépend de l'emplacement et du moment où les véhicules entrent dans le réseau et le quittent et du niveau de congestion global régnant à tout point et à tout moment dans le temps. Pour estimer le coût total et le coût marginal de la congestion, il faut élaborer des modèles de congestion représentatifs de diverses tailles et de diverses configurations de réseau. C'est un aspect important à considérer pour la recherche. Il est plus difficile de bien formuler la fixation du prix de la congestion que ce qu'on pense en général.

#### Mesure du coût social de la congestion

Une partie de l'objectif de Transports Canada est de pouvoir déterminer quelle portion des coûts est assumée par les utilisateurs et quelle portion est assumée par l'ensemble de la société. Les retards causés par la congestion ne cadrent pas bien avec cette schématique parce que le coût total des retards est assumé par les utilisateurs, mais qu'il y a toujours des externalités intrasectorielles. Nous ne savons pas comment mesurer le coût social de la congestion dans ces cas-là.

La façon traditionnelle de mesurer le coût total de la congestion consiste à comparer les coûts observés, y compris la congestion par rapport aux conditions d'écoulement libre. Dans la figure E1, ce coût serait mesuré en multipliant le CPM (= CSMo) au volume V1 (indiqué par OA) minoré par le CPM minimum (indiqué par OF) par V1, soit la surface ABDF. C'est un calcul valide, mais qui est trompeur, parce que l'autre solution n'est pas la congestion zéro, mais un niveau quelconque plus bas de congestion.



**Figure E1 : Coût de la congestion**

(prix et coût généralisés, c'est-à-dire temps exprimés en équivalents monétaires)

MC = CM

AC = Cmo

Demand = Demande

Traffic Flow = Flux de trafic

Une autre approche consisterait à calculer les coûts de congestion additionnels par rapport au niveau de congestion optimal, c'est-à-dire le niveau associé au prix au CSM ou au volume V2. Cela peut être calculé en faisant la différence entre les deux mesures du coût total (c'est-à-dire ABEO – JCHO) ou en prenant la surface sous la courbe du CSM, c'est-à-dire HGKE. À noter aussi que la position et la forme des courbes CPM et CSM reflètent le niveau d'investissement routier. La surface HGKE serait inférieure à ce que donnerait le calcul traditionnel du coût total de la congestion.

Mais les coûts marginaux de la congestion, c'est-à-dire HGKE, ne doivent pas faire oublier les avantages économiques associés à la congestion accrue, indiqués par la surface sous la courbe de demande, soit HGBE. Le coût net de la congestion inefficace mesurée par les concepts économiques serait la perte sèche correspondant au triangle GKB, soit une perte bien inférieure à ce qu'on pense en général.

Pour résumer, malgré que le coût total des retards soit assumé par les utilisateurs des transports, il y a un coût d'externalité pour l'ensemble de la société même s'il est assumé par les utilisateurs en tant que coût de la congestion non optimalement élevé. Ce coût est mesuré par la perte sèche en économie du bien-être habituelle, soit GKB dans la figure E1 et qui, comme on l'a déjà dit, est un chiffre beaucoup plus petit que ce qu'on pense en général.

### **Chapitre 3 : Valeur de la vie statistique**

Les coûts des accidents ou des collisions sont une partie regrettable des activités de transport. Nous cherchons à réduire au minimum leur fréquence, mais les accidents ne peuvent pas être éliminés complètement. La perte de vies humaines est le plus gros élément des coûts des accidents, et aussi le coût ultime des polluants atmosphériques. Comme les ressources sont finies, il faut arriver à mesurer la disposition de la société à se priver d'autres produits pour réduire la perte de vie. C'est ce qu'on appelle la « valeur d'une vie statistique » (VVS). Comme la documentation sur le sujet est très abondante, celui-ci justifie un chapitre à part entière. Les conclusions tirées de ce chapitre sont ensuite utilisées pour examiner les externalités qui représentent des risques pour la vie.

L'évaluation de la vie est un sujet qui prête à controverse. La valeur d'une vie statistique (VVS) est un des sujets de recherche les plus fréquents en analyse de politique et a fait l'objet d'un certain nombre d'examen et de méta-analyses récents. Malgré ces recherches, les estimations récentes varient encore beaucoup, soit entre 1 million et 33 millions de dollars canadiens de 2002.

Les premières méthodes d'estimation de la valeur de la vie reposaient sur le manque à gagner d'une personne. Les gains permettent de mesurer la valeur de la production perdue d'une personne, mais ils ne reflètent pas la disposition à payer (DAP) d'un individu pour réduire son propre décès. Ils ne font pas non plus la distinction entre les décès d'individus identifiables et les décès statistiques. Par exemple, une amélioration à la sécurité d'une route ne mène pas à l'économie des vies d'un petit nombre d'individus qu'on peut identifier *ex ante*, mais plutôt à la réduction du risque de décès (ou de blessure) pour tous les utilisateurs de la route. Pour évaluer l'avantage des projets d'amélioration de la sécurité, les analystes doivent déterminer combien de personnes sont disposées à payer pour des réductions de leur propre risque de décès qui sont du

même ordre de grandeur que le risque réduit qui résulterait des améliorations proposées à la sécurité. La VVS est calculée comme suit :

$V(\text{vie}) = \text{DAP}/\text{réduction du risque}$ .

***Trois questions/problèmes conceptuels importants sont associés à l'estimation de la VVS :***

1. Les études mesurent la DAP pour de petits changements de la probabilité de vivre (ou de mourir) et extrapolent la valeur obtenue pour imputer une valeur à la vie.
2. La VVS dépend du niveau de risque — plus le risque est grand, plus la VVS est grande. Comme certains modes de transport sont plus sûrs que d'autres (p. ex. le transport aérien est plus sûr que la route, par mille), on peut facilement prétendre que la VVS pour certains modes (plus sûrs) serait inférieure à la VVS pour d'autres modes.  
La sécurité est un bien normal. Par conséquent, la VVS est plus élevée dans un pays riche que dans un pays pauvre. De plus, on peut prétendre que la VVS varie à l'intérieur d'un même pays en fonction du revenu. Toutefois, des raisons éthiques et pratiques peuvent faire hésiter les gouvernements à attribuer des VVS différentes à des groupes, des régions et des projets différents.
3. L'élasticité-revenu positive de la demande de sécurité implique qu'il faudrait ajuster la VVS calculée à partir de la DAP dans un pays donné en fonction des différences de revenu avant de l'appliquer à un autre pays. *En particulier, les estimations de la VVS obtenues aux États-Unis doivent être ajustées à la baisse avant d'être appliquées au Canada.*

La plupart des estimations récentes de la VVS reposent sur une des trois méthodes suivantes : études rémunération-risque, études sur les achats de consommation et méthodes d'évaluation contingente (MEC). Les deux premières méthodes sont fondées sur les préférences révélées, tandis que la troisième est fondée sur les préférences exprimées. Ces méthodes d'estimation comportent toutes de nombreuses difficultés méthodologiques.

Problèmes associés aux études rémunération-risque :

1. Les travailleurs n'ont pas toujours toute l'information et peuvent avoir des biais cognitifs.
2. Des variables peuvent être omises. Les études supposent que toutes les variables pertinentes sont prises en compte dans la régression. Celles-ci incluent le risque non mortel, d'autres caractéristiques de la qualité de l'emploi, des caractéristiques individuelles et les caractéristiques du marché du travail.
3. Il peut y avoir un problème d'erreur de mesure. À la limite, on peut dire que les taux de décès sont aléatoires, de sorte qu'il est impossible de mesurer la relation entre la rémunération et le risque.

4. Les travailleurs n'ont peut-être pas le choix de choisir la combinaison rémunération-risque qui maximise leur utilité.
5. Les professions à faible risque peuvent introduire un biais de troncature.
6. Les personnes qui ont une aversion pour le risque peuvent être sous-représentées.

Les études de marché de consommation sont entachées de tous ces problèmes. Le quatrième y est le pire. Si en général les individus ont diverses options sur le marché du travail, les consommateurs n'en ont que deux – ou bien ils achètent le produit ou bien ils ne l'achètent pas.

Les estimations obtenues à l'aide d'une MEC sont fondées sur des enquêtes et sont entachées de tous les problèmes. Les enquêtes comportent en général des biais liés à l'échantillonnage, à la non-réponse et à l'intervieweur. Entre autres problèmes propres aux MEC, mentionnons les problèmes d'hypothéticité (les répondants ne comprennent pas les différents choix possibles), le biais introduit par l'ordre des réponses, le biais lié à la formulation, le biais d'inclusion et le biais stratégique.

Malgré leurs limites, les économistes préfèrent les méthodes des préférences révélées aux méthodes d'enquête. Par conséquent, ils préfèrent en général les études du marché du travail et les études de marché de consommation aux études MEC. En fait, beaucoup plus d'études du marché du travail que d'études basées sur des MEC ont été faites ces dix dernières années.

Une VVS utilisée dans les analyses de politique au Canada a été obtenue de deux façons. Premièrement, nous avons fait un examen exhaustif des études sur la VVS récentes, que nous avons résumées dans les tableaux 3.1 à 3.5 à la fin du chapitre 3. Nous avons ensuite estimé la VVS et calculé son étendue à partir de l'information donnée dans ces études qui étaient les plus pertinentes pour le Canada. Deuxièmement, nous avons obtenu une « meilleure » estimation pour les États-Unis à partir principalement de données américaines et l'avons ajustée pour refléter les revenus moyens plus bas au Canada. Les deux méthodes ont produit des étendues et des estimations ponctuelles similaires (CHK).

La première méthode reposait principalement sur des études qui avaient un important contenu canadien. Il s'agit des études suivantes : Krupnick et coll. (2002), Mrozek et Taylor (2002), Boardman et coll. (2001), Miller (2000), Chestnut et coll. (1999), Dionne et Lanoie (2004) et Viscusi et Aldy (2003). Globalement, ces études laissent entendre que la VVS varie au Canada entre 1,0 million et 7,5 millions de dollars canadiens de 2002. L'étendue 1,0 million – 7,5 millions est trop grande pour des raisons pratiques. *À notre avis, une estimation ponctuelle raisonnable de la VVS à des fins de politique correspondrait au Canada à 4,25 millions de dollars canadiens de 2002. Ce chiffre se situe au milieu de l'étendue de 1,0 million à 7,5 millions.* Il se situe également entre les estimations recommandées par Chestnut et coll. (1999) et par Dionne et Lanoie (2004) et cadre avec l'étendue obtenue par Viscusi et Aldy (2003).

Le chiffre de 4,25 millions de dollars est plus de deux fois supérieur au chiffre actuellement utilisé par Transports Canada (1,76 million de dollars). Toutefois, il est légèrement inférieur aux chiffres utilisés par Environnement Canada (4,46 millions de dollars) et par Santé Canada (4,47 millions de dollars). Il est légèrement plus grand que le chiffre du US Office of the Secretary of Transportation (OST, 2002), qui recommande 3,63 millions de dollars canadiens de 2002.

La deuxième méthode commence avec les meilleures estimations pour les États-Unis, qui sont ensuite ajustées pour tenir compte des différences de revenus. Si on se fie exclusivement aux études américaines, la VVS varierait entre 1,5 millions et 8,5 millions de dollars canadiens de 2002 aux États-Unis. Comme précédemment, nous avons choisi le point milieu de cette étendue, soit plus précisément 5,0 millions de dollars canadiens de 2002. L'utilisation d'une élasticité-revenu variant entre 0,5 et 1,0 fait en sorte que la meilleure estimation ponctuelle de la VVS varie entre 4,25 millions et 4,63 millions de dollars canadiens de 2002 au Canada. Ces estimations ponctuelles sont très près du chiffre de 4,25 millions de dollars canadiens de 2002 susmentionné, mais lui sont légèrement supérieures. Après ajustement de l'étendue en fonction des revenus canadiens, la VVS varierait entre 1,3 millions et 7,9 millions de dollars canadiens de 2002 au Canada. Cette étendue ressemble beaucoup à l'étendue de 1,0 million à 7,5 millions de dollars canadiens de 2002 proposée plus haut et vient confirmer les résultats précédents.

Nous avons mis l'accent sur une VVS « moyenne » qui pourrait être utilisée au Canada. Or, beaucoup de données laissent entendre que la VVS varie selon les caractéristiques individuelles des gens (revenu/santé, âge et culture) et le mode de transport (niveau de risque et degré de contrôle) ou les caractéristiques des politiques générales en vigueur. On peut se demander s'il faudrait ajuster la VVS « moyenne » en fonction de ces facteurs. D'après la théorie économique traditionnelle, il faudrait faire ces ajustements pour arriver à une allocation plus efficace des ressources. Toutefois, on peut avancer des arguments d'ordre éthique, politique et pragmatique pour ne pas le faire. (À noter que l'utilisation d'une VVS moyenne revient implicitement à faire des ajustements qui annulent l'effet du revenu et celui d'autres facteurs.)

À notre avis, voici quelques raisons légitimes qui incitent à utiliser une seule valeur de la VVS :

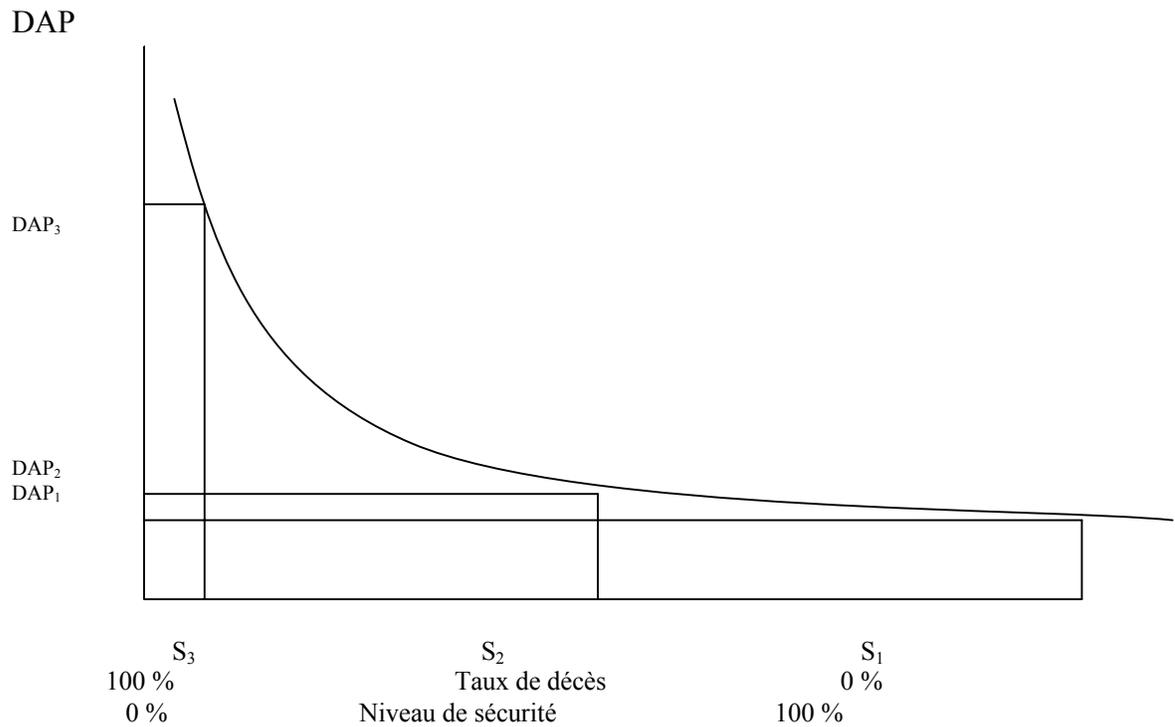
1. Un seul chiffre a l'avantage d'être le même d'une politique à une autre.
2. Un seul chiffre est simple et réduit le coût d'analyse. Par conséquent, cela pourrait mener à la réalisation d'un plus grand nombre d'études et, au bout du compte, à une allocation plus efficace des ressources.
3. L'imputation de VVS différentes à des groupes différents au sein d'une même société selon le revenu risque d'être interprétée par la plupart comme une forme d'analyse avantages-coûts distributionnellement pondérée (Boardman et coll., 2001) (même si l'utilisation de la VVS moyenne peut déjà impliquer un ajustement implicite en fonction du revenu). Ces arguments mènent à des propositions normatives qui débordent le cadre de ce document.

4. Pour utiliser des VVS qui diffèrent d'un individu ou d'un mode à un autre, nous devons être plus certains de l'exactitude et de la pertinence des ordres de grandeur des différences — c'est-à-dire de la ou des forme(s) fonctionnelle(s).

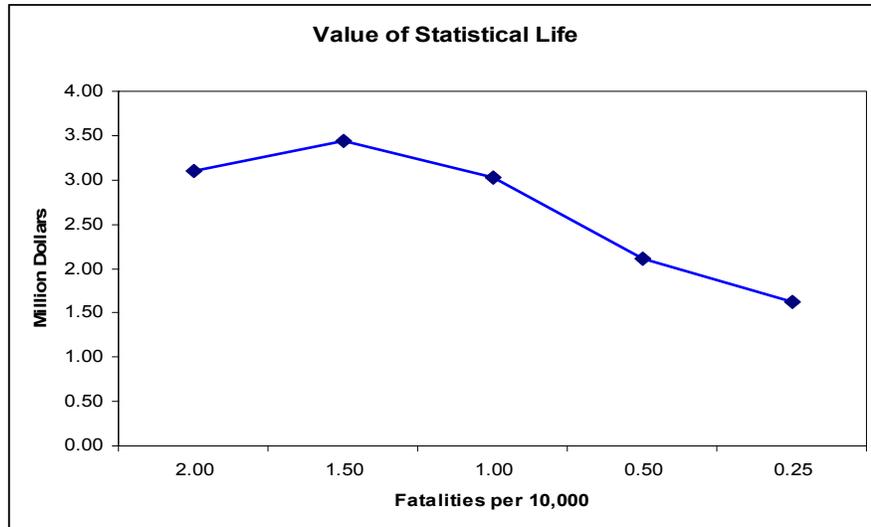
Néanmoins, on peut argumenter qu'il faut utiliser des VVS différentes pour les gens qui n'ont pas le même âge et le même revenu et pour des modes de transport différents parce que les risques et le degré de contrôle diffèrent.

Il ne convient pas de faire des ajustements en fonction de l'âge et du revenu dans le domaine des transports. Il convient du point de vue analytique de faire des ajustements en fonction du risque différent que présentent des modes différents, mais nous n'avons pas de bonnes estimations de la forme fonctionnelle de la figure E2 (figure 3.2 du chapitre 3).

**Figure E2 : Relation hypothétique (convexe) entre la disposition à payer pour une sécurité accrue et le niveau de sécurité (et le risque de décès)**



En pratique, les graphiques comme celui de la figure E3 (figure 3.4 du chapitre 3) ne sont pas très précis et pourraient même ne pas inclure l'«étendue appropriée».



**Figure E3 : Estimations de la relation entre la VVS et le niveau de risque, Mrozek et Taylor (2002)**

Value of Statistical Life = Valeur de la vie statistique

Million Dollars = Millions de dollars

4.00 = 4,00

Fatalities per 10,000 = Décès par 10 000 habitants

2.00 = 2,00

De plus, les individus peuvent très mal évaluer les risques. Dans les circonstances et pour des raisons de simplicité, il ne semble pas raisonnable d'ajuster la VVS en fonction des modes ou d'applications générales. À notre avis, tous les ministères au gouvernement devraient utiliser la même VVS dans les décisions en matière d'investissements publics ou de politiques générales. Il faut toutefois noter que si on veut recommander des politiques de fixation (ou de réglementation) des prix qui feraient en sorte de faire internaliser les externalités imposées à la société, il faudrait savoir comment la VVS et les risques d'accident diffèrent d'un individu et d'un groupe à un autre. Les réponses comportementales à des modifications de politiques reflèteront les différences sous-jacentes dans les évaluations, et l'application d'une seule VVS ou d'un seul coût des accidents dans ces circonstances ne ferait pas un indicateur prédictif fiable des résultats.

## Chapitre 4 : Coût des accidents

Une méthode couramment utilisée pour calculer le coût d'un accident consiste à additionner les diverses composantes : coûts directs, coûts indirects et coûts intangibles. Les coûts directs concernent les dommages matériels et autres coûts des accidents, les coûts médicaux, y compris la réadaptation et l'aide psychologique, et les coûts administratifs (aide aux ménages et administration des assurances). Les coûts indirects comprennent les pertes de productivité, les autres coûts connexes liés au travail et les coûts imposés aux membres de la famille. Ces derniers coûts comprennent les coûts de l'absentéisme et de la substitution de travailleurs tant pour la personne blessée que pour les membres de sa famille, les pertes de productivité attribuables à la réduction de l'activité et de la capacité ou de la production et les pertes fiscales. Enfin, les coûts intangibles comprennent la perte de qualité de vie ainsi que la douleur et la souffrance.

Les pertes de productivité sont habituellement mesurées par l'approche du capital humain (p. ex. pertes de rémunération). Les coûts intangibles sont mesurés à partir des études rémunération-risque, des sommes accordées par le jury, des mesures du compromis temporel, des études de marché de consommation ou des méthodes d'évaluation contingente.

Le coût total d'un accident doit être exhaustif et comprendre tant les coûts privés pour les individus que les coûts qui incombent à l'ensemble de la société. Il doit inclure les coûts *ex ante* (y compris la prévention) et les coûts *ex post* (y compris le nettoyage).

Malgré qu'elle soit utilisée couramment, la méthode susmentionnée ne tient pas compte du coût du ralentissement visant à réduire la probabilité d'un accident. Conformément à d'autres études, ce coût n'est pas inclus dans notre analyse du coût des accidents. Toutefois, il importe de reconnaître que ce coût est inclus implicitement dans la valeur du temps de déplacement. Si nous sous-estimons le coût total d'un accident, ce coût serait inclus dans les estimations de la valeur des économies de temps de déplacement.

Il est en soi et à proprement parler coûteux et fastidieux de comptabiliser tous les coûts d'un accident. En pratique, la plupart des études du coût des accidents ne portent que sur certaines composantes. Nous essayons d'être le plus exhaustif possible, à l'exception de ce que nous venons de dire au sujet des coûts de temps de déplacement.

L'estimation du coût d'un accident que nous recommandons tient sa source en grande partie de Miller (1993). Ces estimations des coûts sont exhaustives du point de vue des coûts qu'elles visent et tiennent dûment compte du double comptage potentiel. Il faut beaucoup de temps pour recréer ces coûts à partir des sources de données entièrement canadiennes, mais ces estimations sont probablement plus précises que les coûts obtenus d'une autre méthode. Toutefois, il faut émettre quelques réserves concernant la méthode utilisée par Miller pour mesurer la DAP pour éviter un accident

avec des blessures d'une certaine gravité qui repose sur une proportion de la VVS très arbitraire.

Nous avons apporté quelques ajustements aux données de Miller en fonction de la situation qui règne au Canada. Plus précisément, dans le cas des accidents de véhicules à moteur :

- Nous ajustons la composante coût médical en fonction des blessures graves (qui représentent environ 14 % du coût total d'un accident), sur la base que les dépenses de santé au Canada correspondent à 56 % de celles aux États-Unis.
- Nous ajustons le coût total d'un accident, sur la base que les revenus au Canada correspondent à 85 % de ceux aux États-Unis (et ajustés en fonction du pouvoir d'achat).
- Nous ajustons d'un facteur visant à refléter la VVS exprimée de 4,25 millions de dollars tirée du chapitre 3.

Malgré ces ajustements, il se peut que les coûts médicaux et les coûts juridiques demeurent surestimés.

Dans le cas des autres modes de transport, nous agrégeons les diverses composantes. Nous utilisons les estimations de Miller après les ajustements susmentionnés comme coût de base d'une blessure grave 330 875 \$CAN, et 4,25 millions de dollars comme estimation de la VVS tirée du chapitre 3 et ensuite nous ajoutons tous les autres coûts.

Voici les estimations du coût d'un accident recommandées :

Véhicule urbain/interurbain	142,76 \$/1 000 km
Autobus urbain/interurbain	446,02 \$/1 000 km
Véhicule servant au transport des marchandises/camion	152,57 \$/1 000 km
Transport ferroviaire des marchandises/transport ferroviaire interurbain	5,73 millions \$/million de train-milles de voie principale
Traversier (interurbain)	158,67 \$/voyage
Transport maritime des marchandises/transport maritime lié au travail	822,00 \$/voyage
Transport aérien interurbain	2,89 millions \$/100 000 heures de vol
Transport aérien des marchandises	13,15 millions \$/100 000 heures de vol.

Ces estimations comportent une part d'incertitude relativement élevée. Une analyse de sensibilité est présentée à l'annexe 4A.

L'estimation de 5,73 millions de dollars canadiens de 2002 par million de train-milles de voie principale obtenue pour le coût d'un accident ferroviaire combine les accidents de trains de passagers et les accidents de trains de marchandises. Nous n'avons

pas pu distinguer le coût des accidents de trains de passagers du coût des accidents de trains de marchandises à cause du manque de données. Il faut prendre soin de n'utiliser ce chiffre qu'une fois dans l'agrégation des coûts, sinon il pourrait être compté deux fois : une fois pour les passagers et une fois pour les marchandises.

Le coût d'un accident incorpore plusieurs composantes : certaines privées et assumées par l'utilisateur des transports, certaines qui ne sont pas privées et qui sont assumées par la société. Les coûts qui ne sont pas assumés par l'utilisateur sont considérés comme des externalités ou comme des externalités non compensées. Les estimations des coûts de ces externalités varient entre 0,59 % (Delucchi, 2000) et 2,5 % (CEMT, 1998) du PIB. L'estimation de Delucchi considère qu'une grande partie du coût des accidents est assumée par les utilisateurs de véhicules à moteur par le biais des primes d'assurance et ne le considère pas comme une externalité. À un niveau supérieur au coût social total des accidents, c'est le chiffre de la CEMT qui est adopté.

Il n'est pas simple de mesurer les externalités et on n'a commencé à les évaluer en profondeur que depuis quelques années seulement. UNITE (2003) considère le coût externe des accidents de façon séparée de l'effet que la congestion a sur le taux d'accidents dans l'examen du coût externe marginal des accidents. La question des coûts externes et des coûts internes renvoie au degré auquel l'utilisateur des transports considère les risques pertinents courus par l'ensemble des participants du système de transport. L'effet de la congestion laisse entendre que le nombre d'accidents augmente à un taux décroissant à mesure que le volume de trafic augmente et que le risque diminue donc.

Des estimations des coûts externes moyens des accidents de véhicules passagers ont été faites dans l'Union européenne. Ce sont les externalités attribuables aux accidents de véhicules à moteur qui sont les plus grandes dans tous les modes de transport examinés, créant environ 51,32 dollars canadiens de 2002 par 1 000 passagers-kilomètres (p-km) parcourus. Le transport par autobus suit comme élément contribuant aux coûts externes attribuables aux accidents, avec environ 4,40 dollars canadiens de 2002 par 1 000 p-km. Dans le cas des véhicules pour le transport de marchandises, tous les 1 000 tonnes-kms parcourus créent environ 17,60 dollars canadiens de 2002. À noter la différence entre les tonnes-kilomètres et les passagers-kilomètres parcourus.

On peut calculer le coût moyen par accident à partir de nos estimations, si on connaît le taux d'accidents. Implicitement, on calcule le coût d'un accident moyen en multipliant l'effet moyen pour chaque composante par un coût de cette composante. À notre avis, ces coûts sont des coûts marginaux – ils reflètent le coût d'option des ressources. Qu'ils concernent la perte de productivité d'un individu ou les services policiers ou hospitaliers, ces coûts sont des coûts marginaux (pour l'hôpital ou l'individu moyen). Par conséquent, nous avons estimé le coût marginal moyen. On ne sait pas grand chose des formes des courbes du coût des accidents. Toutefois, les coûts devraient peu varier d'un accident à un autre, qu'il s'agisse du premier ou du dernier, au moins pas dans une région donnée. Il se peut que le coût des accidents varie d'une région à une autre, les régions à faible taux d'accidents ayant des coûts par accident plus élevés en raison de

l'absence d'économies d'échelle. Cependant, à l'intérieur d'une région donnée, le coût marginal ne devrait pas beaucoup changer avec des changements de la fréquence des accidents, si l'on suppose une fourniture raisonnablement optimale de services hospitaliers et de services d'urgence et si l'on suppose que les taux d'accidents ne changent pas rapidement.

Bien entendu, s'il y a un accident majeur (une catastrophe), le coût marginal de certaines composantes devrait alors être plus élevé que ce qui a été supposé. En fait, si les conditions devaient changer (c'est-à-dire que les niveaux de risque augmentent ou diminuent), le coût marginal et le coût moyen par accident pourraient changer. Dans certaines circonstances, les niveaux de risque pourraient être exogènes, et varier peut-être avec les volumes de trafic, par exemple en situation de congestion ou différer selon les modes comme cela serait le cas du risque d'acte terroriste. Dans ces circonstances, le coût des accidents va alors définitivement changer.

## **Chapitre 5 : Coût du bruit**

Le bruit est un son non désiré et un son qui émane de tous les modes de transport. Pour attribuer un prix au bruit (ou au manque de silence), deux éléments doivent être établis : la quantité de bruit et la valeur que les gens lui attribuent. La quantité de bruit est mesurée en décibels (dB) et peut refléter la différence entre des niveaux de bruit ambiant à un moment dans le temps ou sur une période de temps. Il n'y a pas de marché dans lequel du bruit est acheté et vendu et donc la valeur du bruit doit être établie sur des marchés secondaires où le bruit est ajouté à d'autres produits marchands tels que le logement. Ou bien les valeurs peuvent être établies à l'aide de méthodes des préférences exprimées utilisant des outils tels que l'évaluation contingente ou l'analyse conjointe.

En général, les mesures du son sont pondérées pour refléter ce qui est perçu comme la « sonie ». Le poids utilisé le plus souvent, l'échelle A, produit la mesure dB (A), où le nombre de décibels est pondéré par le son à diverses fréquences pour produire la sonie désirée. La mesure du bruit à un moment donné mesure un événement unique, contrairement à la mesure du bruit sur une période de temps comme les PAS (Prévisions d'ambiance sonore) qui reflète la quantité de bruit à laquelle des lieux sont exposés au cours d'une journée et où on attribue un poids plus élevé au bruit nocturne qu'au bruit diurne. Les PAS servent à créer des courbes de bruits qui définissent l'exposition au bruit d'un niveau donné dans l'espace.

La quantité de bruit générée par un véhicule/un avion/une unité interagissant avec son infrastructure et la proportion de ce bruit reçue par les gens (exposition au bruit) sont mesurées par rapport à des niveaux de bruit de fond ou d'ambiance de référence ou « normaux ». Parmi les facteurs qui jouent ici, mentionnons le flux de fond, la grandeur des véhicules, leur vitesse, les matériaux entrant dans la surface du revêtement, les trajectoires de survol et les conditions météorologiques. De plus, la couverture végétale, l'obstruction, les barrières, la pente de la route ou la pente du décollage, la pente du relief

avoisinant et la présence d'édifices influent sur la propagation du bruit. Voici les plus importants facteurs à considérer : le bruit ambiant et le bruit que la présence d'un mode de transport donné ajoute à ce bruit ambiant.

De nombreux ouvrages ont été écrits sur la mesure du bruit et sur l'évaluation du bruit. Les deux types d'ouvrages sont examinés en profondeur au chapitre 5. Il y a déjà longtemps qu'on mesure le bruit, mais on s'est relativement très peu préoccupé des moyens techniques de mesurer le bruit. Cependant, on s'est toujours demandé si on devait utiliser les fiches techniques sur le bruit, par exemple sur le bruit généré par les avions, ou utiliser le bruit mesuré par des systèmes de surveillance du bruit (soit la question entre les données techniques (théoriques) et les données mesurées (observées)). Les premières ne tiennent pas compte des facteurs environnementaux qui peuvent influencer sur le bruit reçu, tandis que les dernières en tiennent compte. Autrement dit, la valeur technique sera une constante, tandis que le bruit mesuré variera parfois beaucoup. Si le but est d'établir un prix du bruit, les marchés doivent être relativement stables pour que le prix corresponde au coût en ressources du produit ou du service consommé. Si les valeurs du bruit – et donc les prix du bruit – varient beaucoup, le contenu informationnel des prix est perdu dans une certaine mesure parce que les consommateurs ne peuvent pas établir des compromis entre le prix et le choix s'ils ne connaissent pas le prix avant d'acheter. Par conséquent, il faut une carte du bruit qui mesure l'exposition au bruit pour avoir les données nécessaires à l'élaboration de ces prix.

Comme dans le cas des autres externalités considérées dans l'élaboration du coût social total, deux questions fondamentales se posent à ceux qui ont à décider des méthodes d'évaluation et des méthodes d'établissement des prix à utiliser. Premièrement, l'exposition au bruit est-elle basée sur des valeurs moyennes ou sur des valeurs marginales? Deuxièmement, l'externalité est-elle interne ou externe au système? Dans certains cas, dans celui de la congestion par exemple, tous les utilisateurs peuvent internaliser une externalité du système mais pas les utilisateurs extérieurs au système. Dans le cas du bruit, les utilisateurs du système n'internalisent rien, tandis que ceux à l'extérieur du système assument tous les coûts du bruit. On peut prétendre que ceux qui utilisent aussi les routes absorbent le bruit de la route ou que le bruit de la route est aussi internalisé en partie parce que les autres « acceptent » le bruit aux termes d'un contrat implicite pour pouvoir générer le bruit. On peut appliquer ce type d'argument à un certain nombre d'externalités. Dans le cas du bruit, l'argument est difficile à avancer parce qu'il n'y a pas de correspondance entre la génération du bruit et la réception du bruit à une date ultérieure, pas plus qu'il n'y a une grande correspondance générale entre la génération du bruit et le dommage causé par le bruit à une date future. Le dommage causé par le bruit à la suite de l'utilisation de la route, du chemin de fer et du transport en commun dépend de l'endroit et du moment où le bruit est généré. Cela vaut pour l'avion, l'automobile, le chemin de fer et le camion, mais vaut probablement moins pour le transport en commun. Par conséquent, le coût total du bruit doit être inclus dans le calcul du coût social total parce que l'externalité que représente le bruit est générée par les composantes du système de transport, mais est payée (sous la forme d'une perte du surplus du consommateur) par les agents extérieurs au système, c'est-à-dire ceux qui sont situés à côté des aéroports, à côté des routes et à côté des voies de chemin de fer.

Est-ce la valeur moyenne ou la valeur marginale qui importe pour établir le prix? Empiriquement, la très grande majorité des ouvrages qui mesurent la valeur du bruit sont fondées sur des mesures du bruit cumulatives. Dans le cas du bruit causé par les avions, il n'y aurait pas de distinction entre le moyen et le marginal parce que la mesure du bruit est une mesure cumulative qui inclut le vol additionnel ou marginal. Le même argument vaut aussi pour les autres modes – chemin de fer, route (automobile, camion et autobus) et transport maritime. La carte du bruit mesuré le long d'une route ou d'un couloir ferroviaire serait fondée sur les PAS où le véhicule marginal est inclus dans la mesure. Les PAS augmentent très légèrement avec la quantité de trafic (véhicules ou avions, par exemple), mais de façon importante avec le niveau de bruit (dB). Par conséquent, le coût par unité de bruit reflété dans l'indice de dépréciation des biens en fonction du bruit est relativement constant sur une fourchette assez importante de niveaux d'exposition au bruit.

Les ouvrages sur l'évaluation sont de deux types : les mesures d'évaluation hédonique empirique et les mesures expérimentales fondées sur les préférences exprimées. Les deux catégories contiennent toutes sortes d'études touchant à tous les modes, provenant de la plupart des pays développés du monde et couvrant les quatre dernières décennies. Par conséquent, il y a un grand éventail de valeurs à partir desquelles on peut élaborer une valeur médiane ou une valeur moyenne du bruit dans le temps et dans l'espace. Ces valeurs servent à calculer le coût total du bruit pour chaque mode de transport. Les calculs du coût du bruit qui mesurent la disposition à payer pour le silence sont presque tous fondés sur la dépréciation de la valeur des biens en fonction du bruit.

La revue des ouvrages faite dans ce rapport a permis de constater que dans le domaine de l'aviation un rabais de 0,5 à 0,6 pour cent par dB était consenti à cause du bruit sur le prix des maisons **aux États-Unis**. Autrement dit, une maison située dans une zone sonore de 55 dB se vendrait 10 à 12 pour cent plus cher que si elle était située dans une zone de 75 dB. Toutefois, les rabais semblent plus élevés au Canada, soit de l'ordre de 0,8 à 0,9 pour cent par dB. Dans le cas du bruit causé par le trafic routier, des rabais consentis à cause du bruit causé par les automobiles, les camions et les autobus urbains varieraient entre 0,08 % et 2,22 %. Une moyenne simple tirée de ces études se situerait autour de 0,55, mais on pourrait vouloir utiliser une fourchette de 0,4 à 0,65. Deux études sur le transport ferroviaire, et réalisées toutes les deux à l'aide d'une méthode des préférences exprimées, ont révélé une dépréciation de 10 p. 100 à cause du bruit, mais révélé aussi en même temps que la valeur diminuait rapidement en fonction inverse de la distance perpendiculaire par rapport à la voie ferrée.

Des coûts du bruit sont calculés pour le transport aérien, le transport routier (automobile, camion et autobus urbain) et le transport ferroviaire à l'aide des valeurs de la dépréciation causée par le bruit. Le calcul du coût du bruit dépend d'un certain nombre d'hypothèses, y compris le niveau d'exposition au bruit, le nombre d'unités en circulation ou la densité du trafic, la densité de la population et le nombre de maisons touchées et leur valeur médiane. Dans le cas du transport aérien, le coût du bruit par unité est calculé comme suit : chaque vol ajoute 0,00011 dB aux niveaux de bruit annuels des maisons

avoisinant les aéroports; autrement dit, une réduction de 1 dB du bruit augmente la valeur actuelle des maisons touchées de 1 p. 100.

Dans le cas du **chemin de fer**, le coût social moyen (CSMo) du bruit par tonne-kilomètre est calculé de la façon suivante :

$$CSMo = [0.0050 - 0.0015 \ln Q_t] / 12$$

où  $Q_t$  est le nombre de trains par heure.

**Route-automobile** : Le coût du bruit est de 0,0068 \$ par kilomètre parcouru; toutefois, cette valeur est très sensible aux hypothèses formulées. Des calculs pour des territoires spécifiques peuvent être faits à l'aide du modèle élaboré par Gillen et coll. (1996) et dans lequel le coût social moyen (AC) pour les automobiles par véhicule-kilomètre parcouru (vkt) est :

$$AC_{HA} = f(D) * f(H) * f(C) (- 0,018 + 0,0028 \ln (Q_h))$$

où  $Q_h$  est le flux de trafic exprimé en véhicules à l'heure,  $f(D)$  est la densité de logements,  $f(H)$  est la valeur de la maison et  $f(C)$  est le taux de rabais à cause du bruit. Le coût total du bruit dans un territoire donné peut être calculé à l'aide de l'information sur le nombre total de véhicules-kilomètres parcourus dans une année.

**Route-camion et autobus** : D'après des études réalisées en Amérique du Nord et en Europe, le calcul du coût total du bruit causé par les camions serait basé sur une valeur de 0,018 \$ par tonne-kilomètre réalisée multipliée par le nombre total de tonnes-kms pour un territoire donné. En ce qui concerne les autobus, le coût total du bruit correspondrait à 0,0044 \$ par passager-km, à l'aide à nouveau des mêmes territoires que pour l'automobile et le camion.

## Chapitre 6 : Coût de la pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique désigne les effets directs des émissions issues des transports sur la santé et l'activité économique, comme la production agricole. Ce chapitre estime le coût total des émissions issues de chaque mode de transport par l'approche de la « relation dose-effet » ou de la « fonction de dommage ». L'analyse comporte six étapes spécifiques :

1. Détermination des principaux polluants atmosphériques.
2. Établissement des fonctions dose-effet qui lient les émissions et les dommages qu'elles causent, d'après principalement des études épidémiologiques.
3. Utilisation d'un modèle de dispersion atmosphérique pour estimer la concentration atmosphérique du polluant.
4. Estimation de « facteurs d'émission » des polluants atmosphériques pour chaque mode de transport.
5. Estimation de la valeur monétaire du dommage causé à partir d'études économiques, qui attribuent des valeurs à la mortalité et à la morbidité

(p. ex. maladie de courte durée, morbidité chronique, perte de productivité et cancer).

6. Fusion des résultats tirés d'ouvrages épidémiologiques et d'ouvrages techniques avec les résultats tirés des ouvrages économiques pour arriver à nos estimations du coût total pour chaque mode de transport.

Le plus possible, nous essayons d'utiliser des études canadiennes et d'employer des chiffres canadiens.

Nos estimations des coûts sont présentées dans le tableau qui suit (en dollars canadiens de 2002).

Transport interurbain des passagers (par passager-km)	
Véhicule privé	0,00088
Avion	0,00008
Autobus	0,00100
Train	0,00471
Traversier	0,01091
Transport urbain des passagers (par passager-km)	
Véhicule privé	0,00842
Transport en commun	0,00331
Transport des marchandises (par tonne-km)	
Camion	0,00503
Train	0,00173
Bateau	0,00074
Avion	0,00003

Nos estimations se situent plus près de l'extrémité inférieure des fourchettes estimées dans les autres études.

Malheureusement, les ouvrages sur le coût total des transports ne disent pas, bien souvent, si les coûts estimés sont des coûts marginaux ou des coûts moyens. Nous considérons que ces coûts unitaires sont des coûts marginaux, en ce sens qu'ils sont estimés aux niveaux actuels des conditions environnementales. Par conséquent, ces estimations seront utiles pour déterminer quelles mesures, par exemple une politique de fixation des prix, produiront une utilisation plus efficace des transports et une meilleure combinaison des modes de transport.

Pour faire nos estimations, nous avons formulé un certain nombre d'hypothèses concernant les éléments suivants :

- valeur de la mortalité ou valeur de la vie statistique (VVS),
- valeur de la morbidité,
- taux d'occupation des passagers par véhicule,
- facteurs d'émission.

Une analyse de sensibilité a été effectuée à l'égard de ces variables, qui montre que nos estimations des coûts ne semblent pas très sensibles à l'évaluation de la mortalité. Par rapport aux autres modes, les estimations relatives au transport routier semblent très sensibles au choix de la VVS. Cela tient peut-être à son émission élevée de matières particulaires de moins de 10 microns (PM<sub>10</sub>) qui jouent un rôle déterminant dans le changement de la mortalité. De plus, les variations de la valeur monétaire de la morbidité ne semblent pas influencer beaucoup sur nos estimations de base et nos estimations sont beaucoup moins sensibles dans le cas de la morbidité que dans le cas de la VVS. Dans les deux cas, le coût relatif au transport aérien est insensible aux valeurs de la mortalité et aux valeurs de la morbidité. Toutefois, nos estimations des coûts sont en gros proportionnelles, indirectement, aux taux d'occupation des véhicules supposés. Par exemple, quand le taux d'occupation des véhicules privés urbains augmente de 7,1 %, pour passer de 1,4 à 1,5 passager par véhicule, l'estimation du coût diminue de 6,6 %, pour passer de 0,00842 à 0,00786 \$ par passager-km. Les mêmes résultats sont observés pour les autres modes, ce qui donne à penser que nos estimations sont assez sensibles au taux d'occupation passagers.

Si nos estimations, comme coûts marginaux, s'appliquent à de petites réductions de ces niveaux, on peut se demander si elles s'appliquent aussi à de grandes réductions, ou même à l'élimination complète, du dommage. De plus, on ne sait pas trop comment utiliser des estimations pour calculer le coût national total des transports. Ces deux questions dépendent de la forme des fonctions du coût des dommages. Dans les ouvrages sur le sujet, la forme mathématique sous-jacente de la fonction de coût n'est presque jamais spécifiée. Dans le contexte de la pollution atmosphérique, comme on le voit dans le rapport, plusieurs raisons amènent à soupçonner que le coût marginal des externalités augmente avec la production, autrement dit, le coût total des externalités augmente à un taux croissant. Si le coût marginal augmente effectivement, on se trouverait alors à surestimer le coût total si on multipliait le coût marginal par la production totale. Pour obtenir le coût total des externalités, il faut calculer la surface sous la courbe du coût marginal ou calculer un coût moyen des externalités associé au niveau observé de la production. Si la relation entre le coût moyen et le coût marginal des externalités est bien reconnue dans le domaine de la congestion routière, elle est subtilement esquivée dans l'estimation du coût total de la pollution dans les ouvrages sur la pollution atmosphérique. Nous considérons qu'il s'agit d'un domaine de recherche important pour les années à venir.

Une autre question sur laquelle des recherches devront être faites au cours des années à venir est celle de savoir si et, dans l'affirmative, dans quelle mesure le « coût total de la pollution atmosphérique » est effectivement assumé par les utilisateurs des

transports, et donc s'il est internalisé, plutôt qu'assumé par l'ensemble de la société. Les analyses sur la congestion (chapitre 2) et sur la sécurité (chapitres 3 et 4) classent les coûts non monétaires des retards et les risques que les utilisateurs s'imposent à eux-mêmes dans la catégorie des coûts internes et les coûts imposés aux autres utilisateurs et aux non utilisateurs dans la catégorie des coûts externes. L'application de ce critère aux émissions de pollution nous amène à penser que la partie internalisée du coût social pourrait être petite. Par ailleurs, le coût que les utilisateurs imposent les uns aux autres pourrait être ambigu; c'est une externalité, mais une externalité qui est imposée à d'autres utilisateurs, donc internalisée par le groupe des utilisateurs. Si on considère que les effets sur les autres utilisateurs sont internalisés et non pas externes, alors la partie internalisée du coût social est certainement non équivoque et, par conséquent, le coût social marginal obtenu surestimerait les coûts externes. Ceci aurait en plus des répercussions sur les comptes nationaux « au coût entier », qui devraient exclure la composante du coût total qui serait internalisée par des droits pour dommage à l'environnement. Néanmoins, l'ordre de grandeur de l'ajustement n'est pas clair et dépend de la nature des droits pour dommage causé à l'environnement. De plus, la question des coûts internes et des coûts externes aura bien entendu des répercussions sur l'analyse des droits pour dommage qu'il faudra finir par faire. Étant donné la très grande complexité des questions en jeu, sur le plan tant conceptuel qu'empirique, la résolution de ces questions déborde le cadre de ce chapitre, mais demeure certainement un sujet de recherche futur important.

## **Chapitre 7 : Coût des émissions de gaz à effet de serre**

Quoique l'incertitude scientifique soit encore grande au sujet des effets des émissions de gaz à effet de serre (GES), le coût du changement climatique a fait l'objet de nombreux examens approfondis de la part des décideurs des politiques concernés en particulier par l'énergie et les transports. Pour arriver à des estimations de cet élément du coût des transports associé aux effets des émissions de GES, nous commençons par décrire dans ce chapitre les effets potentiels des émissions de GES, et plus précisément les effets sur le changement climatique. Ensuite, pour chercher à calculer le coût de ces effets, nous explorons des façons de quantifier les effets sur le changement climatique. Le système climatique mondial est un très gros système et il peut se passer des dizaines d'années entre les émissions actuelles et les effets qui pourraient avoir lieu plus tard. Nous examinons comment ces effets peuvent être prévus, ainsi que les questions particulières de modélisation économique et environnementale qui surgissent quand on essaie d'évaluer l'incidence de ces effets sur le changement climatique. Comme l'élaboration de toute politique associée aux émissions de GES doit fonctionner à l'intérieur d'un cadre de réglementation internationale substantiel, les aspects économiques des accords, des règlements et des politiques de réduction des GES sont abordés. Les ouvrages sur la prévision des effets sont passés en revue et, après avoir examiné ce qui serait un taux d'actualisation des effets futurs approprié, les facteurs d'émission sont présentés mode par mode, puis convertis en estimations des coûts unitaires de l'externalité et des dommages au Canada.

Tout en proposant des estimations du coût des émissions de GES, il est aussi question dans ce chapitre des sources d'incertitude entourant ces estimations et des façons possibles de procéder dans de tels cas. Les incertitudes proviennent de différentes sources dont les suivantes : manque de connaissance des relations scientifiques fondamentales, imprécision linguistique, variation statistique, erreur de mesure, variabilité, approximation et jugement subjectif. Ces difficultés sont aggravées par l'échelle mondiale du changement climatique, tandis que les échelles locales des effets, les longs décalages entre le forçage et l'effet, la variabilité à basse fréquence et associée à des temps caractéristiques plus longs que la longueur de la plupart des enregistrements instrumentaux et l'impossibilité de faire des contrôles expérimentaux avant l'événement entrent aussi en jeu. De plus, il faut reconnaître que même de bonnes données et une analyse soignée peuvent être insuffisantes pour dissiper certains aspects de l'incertitude associée à des normes relatives aux éléments probants différentes. Deux des études présentées dans le chapitre 7, les études FUND 1.6 et FUND 2.0 (Tol 2000, 2002a, b), ont tenté explicitement d'analyser l'incertitude relative aux estimations du coût des dommages. L'analyse de l'incertitude est limitée à l'incertitude paramétrique et tente de refléter les fourchettes qu'on trouve dans les ouvrages sur le sujet.

Une analyse avantages-coûts des politiques de réduction des GES efficaces fondée sur Nordhaus (1991) est présentée. Le niveau efficace de réduction des GES se révèle être situé au niveau moyen des dommages et à un taux d'actualisation supérieur de 1 % au taux de croissance. Cette estimation correspond à l'estimation moyenne des dommages de 7,33 \$US (11,67 dollars canadiens de 2002) par tonne d'équivalent CO<sub>2</sub>. En égalant le dommage marginal au coût marginal, on aboutit à un niveau efficace de contrôle, qui correspond à 11 % des émissions de GES. Au niveau de contrôle efficace, le coût total de la réduction des émissions se situe aux alentours de 3 milliards de dollars américains (4,78 milliards de dollars canadiens de 2002) par année, tandis que l'avantage total est évalué à 6 milliards de dollars américains (9,55 milliards de dollars canadiens de 2002) par année environ.

La coopération mondiale est nécessaire pour réduire les GES et contrer l'appauvrissement de l'ozone. Parmi les nombreux accords internationaux conclus dans ce domaine, mentionnons le Protocole de Montréal qui traite surtout de la protection de la couche d'ozone stratosphérique. Il décrète que les pays développés élimineront progressivement leur consommation d'hydrochlorofluorocarbure (HCFC) d'ici 2030 et que les pays en développement atteindront l'objectif d'ici 2040. Le Protocole de Kyoto est un autre accord international qui engage, lui, les pays industrialisés à réduire les émissions des six gaz à effet de serre. Les volumes cibles pour chaque pays correspondent à un pourcentage de leurs émissions au cours de l'année de base (1990 pour la plupart des pays). La cible pour le Canada est de réduire ses émissions de GES de 6 % par rapport à 1990 entre 2008 et 2012. La plupart des pays européens ont une cible de 8 %.

La dernière section de ce chapitre donne les coûts unitaires des émissions de GES estimés pour divers modes de transport. En ce qui concerne les facteurs d'émission (kg

par passager-km, par tonne-km ou par véhicule-km), un grand éventail de facteurs d'émission est produit pour chaque mode de transport dans les études existantes, dont la plupart portent sur les pays de l'UE. Toutefois, il se peut que les taux d'émission varient beaucoup entre le Canada et les pays de l'UE, en raison des technologies différentes utilisées au Canada et des différences dans les conditions de fonctionnement. Nous avons utilisé les chiffres canadiens pour obtenir nos estimations des coûts et des dommages : nous tirons les chiffres canadiens relatifs au transport des passagers du Rapport sur les options (Table des transports, 1999) et les chiffres canadiens relatifs au transport des marchandises de Transports Canada. Nous considérons que ces estimations fédérales sont les meilleures disponibles, parce qu'elles sont fondées sur une compilation plus exhaustive de données nationales sur les véhicules-km, les passagers-km et les tonnes-km que toutes les autres études réalisées. Nos estimations des coûts unitaires des émissions de GES au Canada sont reproduites dans le tableau qui suit (elles sont exprimées en dollars canadiens de 2002) :

Transport interurbain des passagers (par passager-km)	
Véhicule privé	0,000599
Avion	0,000817
Autobus	0,000142
Train	0,000670
Traversier	0,001553
Transport urbain des passagers (par passager-km)	
Véhicule privé	0,001172
Transport en commun	0,000420
Transport des marchandises (par tonne-km)	
Camion	0,000545
Train	0,000109
Bateau	0,000082
Avion	0,004360

Nous considérons que ces coûts unitaires sont des coûts marginaux, en ce sens qu'ils sont estimés aux niveaux actuels des conditions environnementales, mais cela pourrait être débattu. Les coûts unitaires sont d'un ordre de grandeur très incertain et sont jugés comme croissant à un taux inconnu. Si ces coûts unitaires sont effectivement des coûts marginaux qui augmentent, alors nous surestimerions le coût total si on multipliait le coût marginal par la production totale. Il importe aussi de se demander si le « coût total des émissions » reproduit dans le tableau est effectivement un coût externe. Cette question

dépend du fait qu'un quelconque des coûts actuels est assumé par les utilisateurs des transports plutôt que par l'ensemble de la société. En ce qui concerne les émissions de GES, le fait que les émissions n'aient pas d'effets directs sur la santé humaine ni sur le bien-être des gens pourrait modifier l'analyse, en ce sens que les effets des émissions de GES sur le changement climatique sont assumés par le monde entier plutôt que par les utilisateurs individuels. Par conséquent, il est probablement raisonnable d'écarter l'idée de l'internalisation des composantes et de considérer les coûts repérés uniquement comme des coûts externes.