

Chapitre IIa : EVALUATION DES COÛTS SOCIAUX DES TRANSPORTS DE PERSONNES (¹)

1. INTRODUCTION

Au cours de ces dernières décennies, on a assisté à un allongement général des distances parcourues pour les déplacements domicile-travail, domicile-école et domicile-magasins. Cet allongement s'explique par une dispersion accrue de l'habitat et un accroissement des distances entre le domicile, le lieu de travail, l'école, les infrastructures commerciales, culturelles, sportives... La perte de population des centres urbains, la fermeture des petits commerces et écoles de villages ou de quartiers, l'implantation des activités économiques, commerciales, culturelles et sportives en périphérie urbaine le long des grands axes de communication, quelles qu'en soient les causes et les raisons, ont créé un besoin accru de mobilité sur de plus longues distances.

En effet, nous basant sur les recensements de la population de 1981 et de 1991, nous constatons, par exemple, que la distance moyenne entre lieux de domicile et de travail des actifs se rendant à leur travail au moins quatre fois par semaine est passée de 16,3 km en 1981 à 21,6 km dix années plus tard². Parallèlement à cette évolution, nous remarquons un recours accru à la voiture comme mode de transport. C'est ce que nous indique le tableau 1 ci-dessous, montrant l'évolution de 1981 à 1991 des parts de marché des différents modes de transport pour l'exécution des déplacements domicile-travail en Wallonie :

Tableau 1 : Evolution 1981-1991 de la répartition modale des déplacements domicile-travail en Wallonie

Mode de transport	1981	1991	Var.
Train	9,2	8,5	- 0,7
Bus, tram, métro	8,4	4,8	- 3,6
Transport employeur	2,3	1,8	- 0,5
Voiture conducteur	52,5	65,2	+ 12,5
Voiture passager	9,1	10	+ 0,9
Moto - scooter	1,3	0,4	- 0,9
Vélo - vélomoteur	5	3	- 2
Marche à pied	12,2	7,3	- 4,9

Sources : STRATEC, 1995, *Le scénario tendanciel à l'horizon 2010*, Région wallonne, Compléments au Plan régional d'aménagement du territoire wallon.

C'est ainsi que la part de marché de la voiture particulière a enregistré une croissance relative de 22% en l'espace de dix ans (61,6% en 1981, contre 75,2% en 1991). Parallèlement, le taux de motorisation en Wallonie (c'est-à-dire le nombre de véhicules automobiles

¹ Arnaud HERMESSE avec la collaboration de Valérie HAMENDE – LEPUR – sous la direction du Prof. B. THIRY

² STRATEC, 1995, *Le scénario tendanciel à l'horizon 2010*, Région wallonne, Compléments au Plan régional d'aménagement du territoire wallon.

par habitant) est passé de 33 % en 1981 à 41,3 % en 1998³. Les coûts privés de la voiture particulière sont trop faibles par rapport ce qu'ils seraient dans le cadre d'une optimisation du bien-être social, ce qui implique un recours exagéré à l'automobile et favorise le phénomène de la désurbanisation. A l'avenir, cette mobilité automobile risque de constituer un problème majeur pour la Région wallonne.

Le phénomène de la désurbanisation a indéniablement un impact direct sur les coûts de transport qu'il convient d'évaluer afin d'apprécier correctement l'impact de différents projets de localisation et d'aménagement. Pour ce faire, deux approches peuvent être adoptées, le choix de l'une ou l'autre méthode dépendant de l'objectif poursuivi :

- d'une part, l'approche globale intègre tous les coûts occasionnés par le transport. Cette approche est retenue si l'objectif est plutôt d'établir un bilan, comme dans le cas du Compte transport voyageurs dressé pour la Région de Bruxelles-Capitale⁴;
- d'autre part, l'approche marginale prend en compte uniquement les coûts provoqués par une unité de trafic supplémentaire (par exemple, un véhicule supplémentaire). Si notre démarche doit conduire à orienter les choix en matière d'aménagement du territoire, c'est précisément cette approche qu'il convient d'adopter.

Ces deux approches permettent de dégager le coût social du transport, c'est-à-dire son coût réel, qu'il soit supporté par l'utilisateur, par le producteur, par d'autres individus ou d'autres entreprises, ou encore par les pouvoirs publics, par exemple sous la forme de subventions.

Les coûts de transport incluent une partie interne et une partie externe. La partie interne est celle qui est directement supportée par les usagers. La partie externe représente quant à elle l'ensemble des coûts que le transport occasionne aux tiers (usagers ou non). Aucun prix n'est associé directement à cet effet, si bien que le voyageur ne tient, en principe, pas compte de la partie externe des coûts de transport dans sa décision de déplacement.

Qu'ils soient internes ou externes, les coûts de transport ne sont pas nécessairement directement exprimés en termes monétaires (nous pensons, par exemple, au temps de déplacement pour ce qui est des coûts internes, ou aux problèmes environnementaux pour ce qui est des coûts externes). Se pose dès lors la question de la valorisation de la partie non financière des coûts de transport. Des méthodes existent et sont exposées dans la suite de cette note.

L'addition des coûts internes et des coûts externes représente le coût de l'ensemble des ressources utilisées, soit le coût social du transport tel que défini ci-dessus. Toutefois, des précautions sont à prendre afin d'éviter les doubles comptages. Il convient en effet de déduire des coûts financiers internes toutes les taxes qui ne sont qu'un simple transfert monétaire des usagers vers les pouvoirs publics et qui ne correspondent pas à une sorte de rémunérations versées pour l'utilisation de ressources⁵. Les taxes sont d'ailleurs souvent utilisées par les pouvoirs publics dans l'optique de l'internalisation de l'ensemble des coûts externes. En outre, il convient d'ajouter les subventions octroyées par les pouvoirs publics, par exemple aux sociétés de transport car celles-ci permettent le financement, en partie, des services fournis par ces sociétés. La prudence est ici aussi de mise, puisqu'il s'agit de ne pas intégrer dans le coût social de transport à la fois les subventions à la charge des pouvoirs publics et les coûts de production financés par ces subventions.

³ INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Parc des véhicules à moteur. Situation au 1er août 1998*.

⁴ AVENEL & al., 1997, *Le compte transport voyageurs pour la Région de Bruxelles-Capitale*, Université Libre de Bruxelles.

⁵ THIRY (B.) & BLAUWENS (G.), 1997, *Etude préparatoire à la définition d'un plan fédéral de mobilité durable*, Université de Liège, Ciriec.

Puisque notre démarche consiste à orienter les choix collectifs, le coût social est notre guide principal, ce qui suppose l'identification et la valorisation de l'ensemble des éléments de coûts internes et externes. Signalons que dans le cadre de ce rapport, seuls les modes de transport de personnes retiennent notre attention. Ce qui ne veut en aucun cas dire que le transport de marchandises ne pose pas de difficultés. Pour s'en convaincre, il suffit de penser, par exemple, à la congestion du trafic causée par le transport routier de marchandises. Nous traiterons ce sujet ultérieurement.

L'objectif de la présente note est d'obtenir une série de coûts de référence pour le transport de personnes en Wallonie afin de pouvoir les utiliser dans le cadre d'une prochaine étude. Celle-ci consistera alors à comparer les coûts de transport entre divers scénarios (urbanisés ou non urbanisés).

2. APPROCHE GLOBALE

L'approche globale intègre tous les coûts occasionnés par le transport de personnes. Le coût social comprend à la fois une partie interne et une partie externe suivant qu'il est ou non supporté par l'utilisateur.

2.1 COÛTS INTERNES DU TRANSPORT DE PERSONNES

Les coûts internes du transport de personnes correspondent aux dépenses effectuées par l'individu qui se déplace. Ces coûts ne sont pas nécessairement directement exprimés en termes monétaires.

2.1.1 Coûts financiers

Les coûts internes financiers sont souvent sous-estimés par les automobilistes qui ne considèrent que les frais d'essence dans leur décision de déplacement. Or, ces coûts internes financiers incluent, en outre, d'autres frais liés non seulement à l'utilisation, mais aussi à l'achat de leur voiture. Les frais liés à l'intensité d'utilisation de la voiture sont des frais variables (carburant, huile, pneus, frais de réparation et d'entretien, coût du stationnement) tandis que ceux liés à l'achat de celle-ci représentent des frais fixes (amortissement du véhicule, frais financiers liés à un éventuel emprunt, taxe d'immatriculation). Enfin, il y a des coûts quasi fixes que l'on assume lorsqu'on utilise sa voiture, mais indépendamment du degré d'utilisation de celle-ci (taxe de circulation, assurances).

Les données provenant de l'Institut National de Statistique nous permettent d'estimer le coût monétaire supporté par l'automobiliste. En 1997, chaque ménage wallon a consacré, en moyenne, BEF 112.725⁶ à l'achat et à l'utilisation de sa/ses voiture(s) individuelle(s). L'achat d'un véhicule neuf ou d'occasion représente environ 39,4 % de ce montant. Le reste (60,6 %) correspond aux dépenses relatives à son utilisation. Au premier janvier 1998, la Wallonie comportait 1.359.572 ménages⁷, ce qui signifie que 153,257 milliards de BEF ont été consacrés par ceux-ci en 1997 pour l'achat et l'utilisation de leur voiture. Sur base d'un taux de motorisation de 1,012 véhicule par ménage wallon⁸ et d'un parcours moyen annuel pour

⁶ De l'enquête sur le budget des ménages 1997-1998, nous avons retenu, pour la Wallonie, les postes relatifs aux achats et aux dépenses d'utilisation de voitures, taxe de mise en circulation et taxe de circulation comprises.

⁷ INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1999, *Statistiques démographiques. Ménages et noyaux familiaux au 1.1.98*, p. 18.

⁸ Selon l'Institut National de Statistique, 1.359.572 ménages se partagent un parc automobile composé de 1.375.971 véhicules au premier janvier 1998.

une voiture particulière de 14.676 km⁹, nous obtenons un coût moyen par véhicule de l'ordre de BEF 7,6 au km. Si nous retenons un taux d'occupation moyen de 1,48¹⁰ pour la Wallonie (ce qui revient à dire qu'en moyenne, un véhicule sur deux ne transporte que le conducteur et l'autre transporte le conducteur et un passager), le coût monétaire par voyageur-km atteint en moyenne BEF 5,1.

Pour le passager d'un transport en commun, les coûts internes financiers correspondent au prix que celui-ci doit acquitter afin de pouvoir bénéficier du service de transport offert.

En Région wallonne, le groupe TEC applique une tarification zonale : le réseau est divisé en un certain nombre de zones et le prix d'un déplacement est fonction du nombre de zones parcourues avec un minimum de deux et un maximum de six. Ainsi, à titre d'exemple, le prix du billet ordinaire varie¹¹ entre BEF 40 pour un déplacement couvrant une ou deux zone(s) et BEF 120 pour six zones et plus. Pour une même distance, le prix moyen du billet est toujours plus élevé que celui d'un parcours payé au moyen d'une carte, qui lui-même est plus élevé que celui d'un trajet rendu possible grâce à un abonnement. D'après l'enquête sur le budget des ménages wallons en 1997, chacun d'entre eux dépense, en moyenne, BEF 1.610 pour des déplacements effectués en bus¹², ce qui équivaut à une dépense totale de BEF 2,188 milliards. La même année, 156,1 millions de voyageurs¹³ ont emprunté le réseau wallon du TEC. En supposant un parcours moyen de 4,2 km¹⁴, nous obtenons un coût moyen de l'ordre de BEF 3,4 par voy-km. Le taux moyen d'occupation d'un bus que nous retenons afin d'estimer le coût moyen par véh-km est une moyenne pondérée des taux d'occupation estimés aux heures de pointe¹⁵ (40) et aux heures creuses (9), les facteurs de pondération étant les proportions du trafic s'effectuant dans chaque circonstance (30% du trafic aux heures de pointe et le reste aux heures creuses¹⁶). Ce coût moyen s'élève alors à BEF 62,2 par véhicule-kilomètre.

La SNCB offre un grand choix de titres de transport. Ces différents titres de transport ciblent des motifs de déplacement et des groupes d'utilisateurs bien spécifiques : par exemple, les cartes train sont destinées aux voyageurs qui effectuent régulièrement des trajets entre leur domicile et leur lieu de travail ou d'école ; les "pass" ou formules commerciales diverses sont consacrées à d'autres motifs de déplacement plus ou moins réguliers, et le ticket classique aller simple ou aller-retour est proposé pour les trajets occasionnels. D'une part, le prix du billet aller simple ou aller-retour dépend de la distance du trajet et le prix des cartes train est basé sur la distance du trajet et la période de souscription du titre de transport. D'autre part, les formules commerciales, comme les "pass" touristiques et culturels sont vendus à prix forfaitaire. La plupart de ces titres de transport sont disponibles pour deux niveaux de confort, la première et la seconde classe. En 1997, chaque ménage wallon a consacré, en moyenne, un budget de BEF 3.466 au transport par chemin de fer (SNCB). La dépense

⁹ MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14, p. 57.

¹⁰ MINISTÈRE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14, p. 58.

¹¹ Sur base du Rapport annuel du TEC de 1997.

¹² INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Enquête sur le budget des ménages 1997-1998*, Ministère des Affaires économiques.

¹³ TEC, 1998, Société Régionale Wallonne du Transport, *Rapport 1997*.

¹⁴ BONIVER V., 1997, *La mesure des coûts sociaux des transports*, CIRIEC, Liège, W.P. 97/05.

Le TEC Liège – Verviers nous a confirmé la plausibilité de cette donnée.

¹⁵ MAYERES I., OCHELEN S. & PROOST S., 1996, "The marginal external costs of urban transport", in *Transportation research*, vol1, n° 2, pp 111-130.

¹⁶ Sur base d'un examen de l'horaire de quelques lignes du TEC.

globale se chiffre dès lors à BEF 4,712 milliards. Des données concernant le volume de trafic pour la Wallonie ne sont pas disponibles, mais bien pour la Belgique¹⁷. Pour cette raison, nous donnons ici des chiffres valables pour la Belgique. En rapportant la dépense totale des ménages belges (BEF 11.454.897.874¹⁸) au nombre de voy-km, nous obtenons un coût moyen par voyageur-kilomètre de l'ordre de BEF 1,7. Selon la SNCB, le nombre moyen de voyageurs par train est de 96¹⁹. Nous pouvons alors estimer le coût moyen par véhicule-kilomètre à BEF 157,5.

Le tableau 2 ci-dessous résume les résultats obtenus pour les coûts financiers :

Tableau 2 : Les coûts internes financiers du transport de personnes en Wallonie

	Route		Rail
	Voiture particulière	Bus	
Coûts totaux (en BEF 1.000.000)	153.257	2.189	4.712
Coûts moyens (en BEF par véh-km)	7,6	62,2	157,5
(en BEF par voy-km)	5,1	3,4	1,7

2.1.2 Coûts non financiers

Les coûts internes non financiers représentent, pour l'essentiel, les coûts en temps passé dans l'activité de transport. Il s'agit dès lors de donner une valeur au temps. Si l'estimation quantitative du temps de déplacement peut s'obtenir sans trop de difficultés, la valorisation monétaire de celui-ci est un problème beaucoup plus délicat. En effet, le temps n'a, en général, pas de marché, et on ne peut donc lui affecter un prix.

La valeur qu'on attribue au temps de transport est une notion subjective. Toutefois, nous pouvons affirmer qu'elle varie selon un certain nombre de paramètres, notamment²⁰ :

- le type de temps considéré : on n'accorde pas la même importance et donc la même valeur aux différentes composantes du temps (temps de trajet à bord du véhicule, temps de recherche d'une place de parking, temps d'attente à l'arrêt, temps de correspondance et temps de marche);
- le motif du déplacement : la valeur du temps diffère selon que l'individu se déplace durant ses heures de travail (rémunérées) ou en dehors de ces heures (soit pour se rendre à son travail, soit pour se rendre sur un lieu de loisir);
- les caractéristiques socio-économiques de l'individu : l'âge de l'individu, la taille et le revenu du ménage influencent également la valeur du temps;
- le mode de transport utilisé : selon qu'on voyage en train, en bus ou en voiture, la valeur du temps sera différente.

¹⁷ 6,984 milliards de voy-km selon l'Annuaire statistique de 1997, publié par la SNCB.

¹⁸ INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Enquête sur le budget des ménages 1997-1998*, Ministère des Affaires économiques.

¹⁹ SNCB, 1998, *Annuaire statistique 1997*, p. 5.

²⁰ HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *The Netherlands' value of time study - final report*, Den Haag.

L'influence de tous ces éléments, tant subjectifs qu'objectifs, sur la valeur du temps de déplacement montre toute la complexité du problème de la valorisation et explique en partie la diversité des résultats obtenus dans les travaux empiriques.

Diverses méthodes indirectes peuvent être utilisées pour attribuer une valeur au temps. Trois d'entre elles retiennent plus particulièrement notre attention : l'approche-revenu, l'approche-productivité et l'approche comportementale.

L'approche-revenu consiste à valoriser le temps au taux de salaire net du voyageur (cotisations sociales et impôts déduits), autrement dit au taux de salaire qui correspond à son revenu disponible. Cette approche considère donc le point de vue du voyageur. Elle s'applique pour les déplacements en dehors des heures de travail, et pendant celles-ci lorsqu'ils ne sont pas rémunérés. Ceux qui sont rémunérés pour leurs déplacements durant les heures de travail sont en effet indifférents aux éventuels gains de temps réalisés. Si le voyageur peut affecter librement son temps entre ses loisirs et son travail, la valeur d'une heure de transport (non rémunérée) est donnée par son coût d'opportunité, c'est-à-dire la rémunération "perdue", soit le salaire horaire net²¹. L'approche-revenu fait l'objet de certaines critiques. Elle suppose implicitement que l'emploi de chaque individu, la localisation de cet emploi et celle du domicile de l'individu ainsi que son salaire horaire sont donnés. Or, les variations dans les temps de déplacement peuvent modifier tout le système de prix en influençant notamment la distribution de la population et l'activité économique.

L'approche-productivité suppose que le voyageur transforme son gain de temps en temps de travail productif. La valeur donnée au temps pour les déplacements professionnels est alors le salaire horaire brut du voyageur. Nous sommes donc placés ici du côté de l'employeur, car nous considérons le coût total, y compris les charges sociales, que ce dernier doit supporter lorsqu'il emploie l'individu concerné. Cette approche peut également faire l'objet de certaines critiques. Par exemple, elle suppose que la productivité pendant les heures de déplacement est nulle, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Ce qui signifie par exemple qu'un gain de temps devrait être valorisé à un taux inférieur au taux de salaire brut, en raison de l'existence d'une activité productive pendant le déplacement.

Par contre, l'approche comportementale tient compte de la désutilité attachée au temps de déplacement. Il s'agit d'observer comment les individus effectuent un arbitrage entre des gains de temps et des coûts impliqués par ces gains. Cette approche suppose par exemple que l'individu est confronté à deux modes de transport qui ne diffèrent que par leurs seules caractéristiques de coût monétaire et de temps de trajet : l'un est moins cher, mais plus lent que l'autre. L'individu se trouve donc devant un problème de choix entre l'économie en argent et l'économie en temps. On peut valoriser un gain de temps en rapportant le coût supplémentaire au temps gagné. Deux méthodes peuvent être utilisées afin de connaître le surcoût que peut supporter un usager pour gagner du temps :

- d'une part, la méthode des préférences révélées consiste à observer des usagers qui se trouvent confrontés au choix entre payer plus cher et aller plus vite, ou au contraire, payer moins cher et aller moins vite. Les résultats observés sont intégrés dans un modèle de choix discrets de type LOGIT. La valeur du temps est alors estimée par l'intermédiaire du taux marginal de substitution entre le temps et l'argent en divisant le coefficient de la variable coût par le coefficient de la variable temps appropriée (temps d'attente, temps de marche ou temps de parcours dans le véhicule). L'inconvénient principal de cette méthode est qu'elle nécessite un échantillon important afin d'obtenir de bons résultats statistiques.
- d'autre part, la méthode des préférences déclarées consiste à recueillir les intentions des individus en leur demandant quel serait leur comportement dans certaines situations

²¹ BUTTON (K.J.), 1993, *Transport Economics*, Cambridge, second edition.

hypothétiques. Par rapport à la méthode des préférences révélées, celle des préférences déclarées présente l'avantage de nécessiter un échantillon de taille plus réduite. L'inconvénient est que les réponses obtenues dans le cadre de cette méthode ne correspondent pas toujours aux véritables comportements observés a posteriori.

L'utilisation conjointe de ces deux méthodes a été effectuée, à la fin des années 80, par le Hague Consulting Group afin de donner une valeur au temps. Les résultats obtenus, bien qu'afférents aux Pays-Bas, sont repris dans pas mal d'études sur la congestion. A défaut de valeurs du temps propres à la Belgique (et encore moins pour la Wallonie), nous reprenons, nous aussi, ces résultats, tout en les adaptant au cas qui nous concerne.

Cette étude néerlandaise permet de dégager des valeurs de gains de temps pour trois types de déplacement : les déplacements domicile-travail, les déplacements effectués pendant les heures de travail pour raisons professionnelles et les autres déplacements (par exemple, ceux effectués vers des lieux de loisir, de shopping, ou d'éducation). Les résultats de l'étude ont été actualisés pour 1997²². Ils sont repris dans le tableau ci-dessous, après avoir été multipliés par 18,33 pour la conversion des florins de 1997 en BEF de 1997 et par 1,0097 afin de tenir compte de l'inflation enregistrée en Belgique entre 1997 et 1998. On constate, à partir de ce tableau, que le groupe de travail néerlandais a également dégagé des valeurs du temps en dehors du véhicule pour les utilisateurs du bus²³. Pour chaque motif de déplacement, nous disposons des valeurs des gains de temps pour les différentes composantes du temps de transport, à savoir le temps de marche et le temps d'attente, pour lequel une distinction est opérée entre le temps d'attente prévu (dépendant de l'intervalle de temps qui sépare le passage successif de deux bus) et le temps d'attente non prévu lié au retard inopiné du service.

Pour les déplacements en voiture, l'idéal serait de tenir compte non seulement du temps de parcours à bord du véhicule, mais également du temps de recherche d'une place de stationnement. Ce dernier type de temps représente de plus en plus une contrainte additionnelle, en particulier pour les automobilistes se rendant dans les centres urbains wallons où des politiques de stationnement restrictives sont menées dans le but d'influencer le choix modal des voyageurs, de manière à modérer les effets externes négatifs générés par l'automobile. Ce temps additionnel devrait sans doute être valorisé à un taux supérieur par rapport au temps à bord du véhicule étant donné la pénibilité le caractérisant. Malheureusement, le Hague Consulting Group n'a, à ce jour, pas encore valorisé ce temps de recherche d'une place de stationnement. Toutefois, ce travail a été entrepris au début des années nonante par un auteur allemand²⁴, sur base de la méthode des préférences déclarées. Le tableau ci-dessous reprend les résultats de cette étude, convertis en BEF. Pour ceux-ci, nous n'avons pas tenu compte de l'inflation entre 1991 et 1998 car les résultats nous paraissent déjà très élevés. Ceci s'explique principalement par le fait que l'étude allemande a été menée dans une région prospère (Karlsruhe).

²² HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997 - Final Report*, Den Haag.

²³ HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.

²⁴ AXHAUSEN (K.W.), 1991, *Choice of parking : Stated preference approach*, pp. 59-81.

Tableau 3 : Valorisation des gains de temps par heure et par personne (en BEF de 1998)

	Domicile-travail	Affaires	Autres
A bord du véhicule			
Voiture particulière*	269	929	185
Recherche d'une place de stationnement**	729	2.077	1.959
Bus*	251	438	159
Train*	270	571	166
En dehors du véhicule			
(pour le bus***)			
Temps de marche	254	706	204
Temps d'attente			
prévu	475	631	263
non prévu	761	608	222

Sources : * HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997 – Final Report*, Den Haag.

** AXHAUSEN (K.W.), 1991, *Choice of parking : Stated preference approach*.

*** HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.

A bord du véhicule, la valorisation des gains de temps diffère suivant le mode de transport emprunté. Si on se déplace en bus, on a toujours une valeur des gains de temps inférieure à celle obtenue pour des déplacements en voiture ou en train. En toute vraisemblance, les caractéristiques socio-économiques des usagers du bus expliquent cela. Cette constatation peut également découler d'une auto-sélection des utilisateurs, si les bus sont plus lents. Pour un même mode de transport, les valeurs des gains de temps varient également selon le motif du déplacement. Elles sont élevées pour les déplacements professionnels, ce qui s'explique par le fait que non seulement la désutilité supportée par le voyageur est prise en compte, mais aussi le coût supporté par l'employeur pour le temps détourné du travail. Par contre, elles sont relativement faibles pour les déplacements autres que professionnels.

Pour les déplacements en bus, les gains de temps en dehors du véhicule ont des valeurs sensiblement différentes de celles obtenues à bord du véhicule. Le temps d'attente est toujours nettement plus pénible pour l'usager, quel que soit son déplacement. Une diminution du temps d'attente est donc valorisée à un taux nettement supérieur. Cependant, le temps le plus pénible diffère selon le déplacement effectué. Ainsi, pour les déplacements domicile-travail, c'est le temps d'attente non prévu qui est le plus pénible. Par contre, pour les déplacements professionnels, c'est le temps de marche qui est le plus pénible.

Disposant de quelques instruments de valorisation monétaire du temps, il nous reste à estimer quantitativement le temps de déplacement.

Le temps à bord du véhicule particulier dépend évidemment de la vitesse de circulation. Des données concernant les vitesses moyennes observées sur les diverses routes du territoire wallon n'existent pas. Toutefois, nous pouvons raisonnablement supposer que la vitesse moyenne observée sur une route est la limitation de vitesse en vigueur sur cette route, excepté au centre des agglomérations où la congestion se fait plus importante. Dès lors, nous supposons les vitesses moyennes suivantes : 30 km/h au centre des agglomérations,

50 km/h à la périphérie de celles-ci, 90 km/h en dehors des agglomérations et 110 km/h sur les autoroutes²⁵. C'est à ces vitesses moyennes que nous appliquons les valeurs du temps calculées ci-dessus, afin de disposer d'un ordre de grandeur du coût en temps par kilomètre pour des déplacements en voiture particulière.

Pour les déplacements en bus, le temps global du déplacement dépend non seulement du temps à bord du véhicule (qui lui-même dépend de la vitesse de circulation du bus) mais aussi du temps de marche et du temps d'attente (prévu ou non). Ces deux dernières composantes du temps peuvent varier sensiblement d'un trajet à l'autre. Nous avons calculé un coût moyen par voyageur au kilomètre sur base de diverses hypothèses. Tout d'abord, nous supposons une vitesse commerciale moyenne de 20 km/h au centre des agglomérations et de 27 km/h ailleurs²⁶. Ensuite, comme la plupart des chercheurs en Economie des Transports, nous estimons que le temps d'attente prévu à un arrêt de bus correspond à la moitié de l'intervalle de temps séparant le passage de deux bus. Nous chiffrons ce temps d'attente moyen à 5 minutes pour les déplacements urbains et 10 minutes pour les autres déplacements. Enfin, nos calculs tiennent compte d'un temps de marche de 5 minutes.

Pour les déplacements en train, nous pouvons également donner une indication du coût en temps, en supposant une vitesse commerciale de 60km/h (il s'agit là d'une hypothèse partagée avec la SNCB²⁷).

Le tableau 4 ci-dessous dresse un aperçu des coûts en temps pour le transport de personnes. Les résultats sont donnés à titre indicatif. Idéalement, il aurait fallu tenir compte d'autres composantes du temps, à savoir le temps de recherche d'une place de stationnement pour la voiture particulière, le temps d'attente non prévu pour les transports en commun, le temps de précaution pour les individus qui ont des contraintes horaires,...

Tableau 4 : Les coûts internes non financiers du transport de personnes (par voyageur-km, en BEF de 1998)

		Domicile-travail	Affaires	Autres
Voiture particulière (uniquement temps à bord du véhicule ²⁸)	Centre agglomérations	9	31	6,8
	Périphérie	5,4	18,6	4,1
	Hors agglomérations	3	10,3	2,3
	Autoroutes	2,4	8,4	1,7
Bus (temps "global" du déplacement ²⁹)	Centre agglomérations	73,3	133,3	48,9
	Périphérie	109,6	180,2	66,7
Train (uniquement temps à bord du train)		4,5	9,5	2,8

²⁵ Pour cette dernière vitesse, nous nous inspirons du rapport rédigé par P. SCIMAR en 1999.

SCIMAR (P.), 1999, *Analyse économique de la congestion sur base de la banque de données dynamique*, Université de Liège.

²⁶ Ces vitesses commerciales moyennes nous ont été renseignées par le groupe TEC.

²⁷ BONIVER V., 1997, *La mesure des coûts sociaux des transports*, CIRIEC, Liège, W.P. 97/05, p. 6.

²⁸ Nous ne tenons pas compte ici du temps de recherche d'une place de stationnement.

²⁹ Pour être complets, nous devrions idéalement tenir compte dans nos calculs de deux autres composantes du temps, à savoir le temps d'attente non prévu lié à un retard inopiné du service, et le temps de précaution pour les individus qui ont des contraintes horaires.

2.2 COÛTS EXTERNES DU TRANSPORT DE PERSONNES

Les coûts externes du transport de personnes correspondent à l'ensemble des coûts occasionnés aux tiers (usagers ou non). Le voyageur ne tient pas compte de ces coûts externes dans sa décision de déplacement étant donné qu'aucun prix n'y est en principe associé.

Cette définition des coûts externes dépend cependant du point de vue auquel on se place (il peut s'agir du point de vue de l'utilisateur, de la catégorie de véhicules, du mode de transport, du système de transport ou de la collectivité). En fonction de celui-ci, certains types de coûts (notamment les coûts de congestion) peuvent être alternativement considérés comme coûts internes ou externes. Par rapport à l'ensemble du système de transport, les coûts de congestion peuvent être considérés comme internes puisqu'ils sont provoqués et supportés par les usagers qui font partie de ce système. Par contre, si on distingue les catégories de véhicules, les coûts de congestion provoqués par exemple par les poids lourds et supportés par les automobilistes sont de véritables coûts externes.

Différents types de coûts externes existent. Si nous voulions, comme précédemment pour les coûts internes, distinguer pour les coûts externes la partie financière et la partie non financière, nous classerions dans le premier groupe les coûts des infrastructures et la partie des coûts des accidents qui correspond aux coûts socio-économiques; dans le second groupe, nous retrouverions les coûts environnementaux, les coûts de congestion et la partie des coûts des accidents relative aux coûts psychologiques liés à la valeur d'une vie.

2.2.1 Coûts externes de congestion

Les coûts externes de congestion touchent les autres usagers du système de transport. Les effets produits par un usager sont donc supportés par d'autres usagers.

L'OCDE définit la congestion comme étant "la durée supplémentaire du trajet par comparaison avec un déplacement s'effectuant en circulation fluide"³⁰. Dans le Livre vert de la Commission européenne publié fin 1995³¹, il est inscrit ce qui suit : "*Une enquête récente menée par l'OCDE évalue le coût des encombrements routiers dans les sociétés industrialisées occidentales à 2% du produit intérieur brut environ*". Ce Livre vert a fait l'objet de nombreuses critiques. En effet, il apparaît que l'enquête récente de l'OCDE citée par le Livre vert est essentiellement une estimation non fondée émanant d'une seule personne et remontant à 1976³² ! C'est pourquoi nos recherches nous ont conduit à utiliser une autre méthode de valorisation des coûts externes de congestion³³.

Mesurer les effets de la congestion revient essentiellement à valoriser les pertes de temps produites lorsque les réseaux d'infrastructure transportent plus d'usagers que ne le permet la capacité prévue. Aux coûts afférents au temps d'attente, il convient d'ajouter les coûts liés à l'augmentation de la consommation de carburant entraînée par la réduction des vitesses. Idéalement, il faudrait tenir compte également du rejet des polluants dans l'atmosphère (cet élément est valorisé plus loin lorsque nous étudions les coûts externes de pollution atmosphérique), du stress subi par les personnes se trouvant dans les embouteillages (non évalué ici) et de l'augmentation du risque d'accidents (non évaluée ici car déjà prise en compte lorsque nous étudions les coûts externes des accidents). Or, il s'avère que les coûts en temps et en carburant ont déjà été internalisés respectivement via les coûts internes non

³⁰ OCDE, 1995, *Transports urbains et développement durable*, C.E.M.T., Paris.

³¹ COMMISSION EUROPEENNE, 1995, *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports*, COM(95) 691 final.

³² GERONDEAU C., 1996, *Les temps de transport en Europe*.

³³ Nous nous limitons à l'étude de la congestion urbaine.

financiers pour les premiers et via les coûts internes financiers pour les derniers. De ce fait, lorsqu'il s'agira pour nous de calculer le coût social global, nous ne pourrons ajouter aux coûts internes (financiers ou non financiers) les coûts externes de congestion. Le faire entraînerait inévitablement des doubles comptages.

Comme nous venons de le mentionner, l'automobiliste, pris dans un encombrement, perd du temps par référence à une circulation fluide. Sur base du recensement de la circulation³⁴ et de nos calculs, 6,6394 milliards de voitures-kilomètres ont été parcourus en 1997 sur les routes urbaines de la Wallonie. En supposant qu'une année contient 325 jours ouvrables équivalents et en tenant compte du fait que 29,8% du trafic s'effectuant sur la plage horaire de 6H à 22H a lieu, lors d'un jour ouvrable, pendant les quatre heures de pointe³⁵, nous trouvons un nombre de véhicules-kilomètres parcourus quotidiennement aux heures de pointe égal à 6.087.819, nos calculs reposant sur l'hypothèse selon laquelle un jour ouvrable moyen comporte 16 heures de trafic (de 6H à 22H), soit 4 heures de pointe (de 7H à 9H et de 16H à 18H) et 12 heures creuses (de 6H à 7H, de 9H à 16H et de 18H à 22H). De plus, nous supposons un taux moyen d'occupation de la voiture aux heures de pointe de 1,392³⁶ et une vitesse moyenne de 30km/h aux heures de pointe et de 50km/h aux heures creuses³⁷. C'est alors que nous déduisons une perte annuelle de temps pour les automobilistes de 36,7 millions d'heures. Valorisée à un taux de BEF 295 par heure³⁸, cette perte s'élève à BEF 10.829.970.903.

En ce qui concerne le TEC, le calcul du temps perdu se fonde sur l'hypothèse selon laquelle la vitesse moyenne d'un bus correspond à 70% de celle d'une voiture, que ce soit en heures de pointe ou en heures creuses. Selon le Rapport annuel du groupe TEC, 87.083.078 kilomètres ont été parcourus en 1997. En tenant compte du fait que 70% du trafic du TEC s'effectue en réseau urbain³⁹, et en supposant, sur base d'un examen de l'horaire de quelques lignes, que 30% des services se font durant les heures de pointe et 70% durant les heures creuses, nous chiffrons le nombre de bus-kilomètres effectués sur une année pendant les heures de pointe à 18,3 millions. Si le taux moyen d'occupation d'un bus aux heures de pointes est de 40, la perte totale annuelle de temps pour les usagers du bus s'élève 13,9 millions d'heures. Valorisée à un taux de BEF 207 par heure⁴⁰, cette perte s'élève à BEF 2.882.380.215.

³⁴ MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.

³⁵ MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.

³⁶ Il s'agit d'une moyenne pondérée des taux d'occupation observés pour chaque motif de déplacement, les facteurs de pondération étant les proportions des déplacements effectués aux heures de pointe pour chaque motif (voir annexe I).

BONIVER V. et THIRY B., 1994, "Les coûts marginaux externes du transport public de personnes en milieu urbain. Estimations chiffrées pour la Belgique", in *Cahiers Economiques de Bruxelles*, n° 142 - 2ème trimestre 1994.

³⁷ HAMENDE G., 1995, *Application d'un modèle de tarification optimale des transports urbains*, CIRIEC, Liège, W.P. 95/04.

³⁸ Il s'agit d'une moyenne pondérée des valeurs du temps que nous avons calculées pour les différents motifs de déplacement, les facteurs de pondération étant les proportions des déplacements effectués aux heures de pointe pour chaque motif.

³⁹ Hypothèse partagée avec le TEC.

⁴⁰ Il s'agit d'une moyenne pondérée des valeurs du temps que nous avons calculées pour les différents motifs de déplacement, les facteurs de pondération étant les proportions des déplacements effectués aux heures de pointe pour chaque motif.

Le tableau 5 ci-dessous résume les résultats obtenus pour les coûts externes de congestion en temps :

Tableau 5 : Les coûts externes de congestion en temps

	Voiture particulière	Bus
Coûts totaux (en BEF 1.000.000)	10.829.970.903	2.882.380.215
Coûts moyens (en BEF par véh-km)	5,47	157,62
(en BEF par voy-km)	3,93	3,94

La seconde composante des coûts de congestion est la surconsommation de carburant provoquée par le ralentissement de la vitesse de circulation. Nous avons recherché dans la littérature une fonction estimant la consommation moyenne de carburant pour divers niveaux de vitesses moyennes, à la fois pour la voiture et pour le bus. Les fonctions retenues sont exposées dans le tableau ci-dessous.

Les prix moyens à la pompe des carburants dont nous tenons compte sont ceux qui nous ont été communiqués par la Fédération Pétrolière Belge. Déduction faite des droits d'accises (BEF 20,46 par litre d'essence et BEF 11,7 par litre de gasoil) et de la TVA au taux de 21%, les coûts des carburants s'établissent à :

- BEF 10,45/litre, pour l'essence
- BEF 10,12/litre, pour le gasoil

Conformément aux données de 1998 reçues de la Fédération Belge des Industries de l'Automobile et du Cycle (FEBIAC), nous supposons que le parc automobile en Wallonie se compose de 57,22% de véhicules consommant de l'essence contre 42,78% roulant au gasoil⁴¹.

Le tableau 6 qui suit illustre notre estimation des coûts de congestion (en carburant) dans le cadre d'une approche globale :

BONIVER V. et THIRY B., 1994, "Les coûts marginaux externes du transport public de personnes en milieu urbain. Estimations chiffrées pour la Belgique", in *Cahiers Economiques de Bruxelles*, n° 142 - 2ème trimestre 1994.

⁴¹ Parmi le parc automobile, la proportion des véhicules électriques ou utilisant du LPG reste mineure à l'heure actuelle; c'est pourquoi nous ne considérons pas ce genre de véhicules.

Tableau 6 : Les coûts externes de congestion en carburant

	Voiture particulière	Bus
Fonctions de consommation de carburant ^{42&43}	$C=(0,085+1,44/V)$	$C = 1371,6 V^{-0,4318}$
Cons. aux heures de pointe (l/véh-km)	0,133	0,368
Cons. aux heures creuses (l/véh-km)	0,1138	0,295
Coûts totaux (en BEF)	391.611.590	13.494.754
Coûts moyens (en BEF par véh-km)	0,198	0,738
(en BEF par voy-km)	0,14	0,018

- C est la consommation de carburant, exprimée en litres par véhicule-km
- V, la vitesse moyenne, en km/h. Pour l'automobile, cette vitesse moyenne est supposée être de 30 km/h aux heures de pointe et 50 km/h aux heures creuses. Pour le bus, les vitesses moyennes retenues sont 21 km/h et 35 km/h respectivement aux heures de pointe et aux heures creuses.

C'est ainsi que si nous effectuons une compilation de nos calculs, nous pouvons estimer le coût global de la congestion urbaine (en temps et en carburant), pour le transport de personnes en Wallonie. Ce coût s'élève à BEF 14,1 milliards par an.

2.2.2 Coûts externes d'environnement

Il est indéniable que le transport produit des effets néfastes sur l'environnement. Certains d'entre eux sont difficilement quantifiables en termes monétaires, même par le biais de méthodes indirectes (nous pensons notamment aux effets visuels et esthétiques du transport sur l'environnement, à la pollution du sol et à la pollution de l'eau). Par contre, les effets du transport de personnes sur le niveau de pollution atmosphérique et sonore peuvent être valorisés en termes monétaires.

2.2.2.1 Pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique engendrée par le transport de personnes touche non seulement les usagers du système de transport, mais aussi les non-usagers. Il s'agit d'évaluer les émissions provenant de toute une série de polluants, parmi lesquels : les gaz très toxiques au niveau local (le monoxyde de carbone CO, émis principalement par les véhicules à essence en milieu urbain et les particules PM₁₀, émises essentiellement par les véhicules circulant au diesel), les gaz à effet de serre ayant un impact potentiel sur le réchauffement global (le dioxyde de carbone CO₂, le protoxyde d'azote N₂O et le méthane CH₄), les gaz responsables de la formation d'ozone troposphérique⁴⁴ (les composés organiques volatils COV et les oxydes d'azote NO_x, ces derniers étant également des gaz précurseurs des nitrates) et le premier responsable des précipitations acides (le dioxyde de soufre SO₂).

⁴² MINISTERE WALLON DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, 1994, *Maîtriser la mobilité. Planification intégrée*, Les cahiers du MET, Collection Trafics.

⁴³ Cette relation provient du logiciel COPERT (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Traffic) utilisé par le groupe de travail CORINAIR (Core Inventory Air) dans le cadre de ses recherches. Remarquons que cette fonction, contrairement à celle utilisée pour la voiture, exprime le facteur d'émission "consommation de carburant" en grammes par véhicule-kilomètre. Nous supposons qu'un litre de carburant pèse un kilogramme.

⁴⁴ Nous ne reprenons pas l'ozone dans la liste des polluants car il n'est pas directement produit par les moteurs des véhicules. Il intervient cependant à titre de polluant secondaire car plusieurs gaz émis par les moteurs sont en partie responsables de sa formation.

Deux méthodes distinctes permettent la valorisation des coûts externes de pollution atmosphérique : d'une part, la méthode du coût de prévention; d'autre part, la méthode du coût des dommages. Ces deux méthodes, décrites ci-dessous, aboutissent à des estimations chiffrées différentes de la pollution atmosphérique. Ces estimations doivent dès lors être interprétées avec prudence.

La méthode du coût de prévention permet d'estimer les coûts nécessaires pour abaisser le degré de pollution observé au niveau imposé par un objectif de réduction (par exemple, une norme provenant d'instances internationales). Il s'agit d'estimer une courbe de coût de prévention reflétant les coûts de différentes mesures ayant pour objectif la réduction de la pollution atmosphérique (mesures technologiques, mesures de réduction des limites de vitesse,...). Cette courbe permet de dégager un coût de référence par unité d'émission. Plus l'objectif de réduction est exigeant, plus ce coût de référence (qui est un coût marginal) sera élevé. Le total des coûts de réduction s'obtient en multipliant les quantités d'émissions à réduire par les coûts unitaires de référence correspondants.

La méthode du coût des dommages évalue les coûts externes de pollution atmosphérique en se basant sur l'ensemble des dommages qui en résultent (impact néfaste sur la santé, dégradation des bâtiments, atteintes aux forêts et à la culture). Pour ce qui est du coût de référence par unité d'émission, la méthode du coût des dommages présente deux variantes :

- d'une part, l'approche macro-économique "Top-down". Cette approche part de données agrégées d'émission au niveau régional tout en identifiant la part imputable dans ces émissions au secteur du transport routier qu'elle rapporte ensuite aux résultats d'études sur le coût global des dommages subis dans les domaines de la santé, des bâtiments et de la végétation;
- d'autre part, l'approche micro-économique "Bottom-up". Cette approche, également appelée "approche du chemin d'impact", suit chaque polluant étudié, depuis l'émission à la source (déterminée pour chaque polluant sur base de facteurs techniques d'émissions propres à chaque émetteur considéré), en passant par son immission dans l'atmosphère (importance de la dispersion régionale déterminée via des logiciels de dispersion), et ensuite par la quantification des dommages causés sur chacun des récepteurs atteints (cette dernière étape est déterminée sur base de fonctions "dose-effets" exprimant la relation entre les concentrations ambiantes et les quantités d'impact observées aux niveaux de la santé, des cultures, des forêts, du climat et des bâtiments), et enfin par la valorisation monétaire des impacts ainsi quantifiés (pour laquelle des méthodes d'évaluation indirectes sont nécessaires, aucun marché monétaire n'existant pour la plupart des impacts étudiés).

Laquelle des deux méthodes choisir ? La première, soit la méthode du coût de prévention, est critiquable car elle conduit à des valorisations monétaires minimales. En effet, même lorsque l'objectif de réduction est atteint, il subsiste toujours des dommages représentant un coût, à moins que cet objectif de réduction ne soit basé sur le principe de fixer la norme à un niveau tel qu'à celui-ci, le coût marginal d'abattement implicite soit égal au dommage subi par tel ou tel polluant. Compte tenu de cette critique, nous préférons retenir l'approche "Bottom-up" de la méthode du coût des dommages, par ailleurs utilisée par la Commission européenne dans le cadre du projet ExternE⁴⁵.

Nous développons ci-dessous chacune des étapes précitées de l'approche "Bottom-up". Précisons d'emblée que notre application empirique à la Région wallonne se limite essentiellement au calcul des émissions (première étape). Par ailleurs, le coût unitaire des dommages dont nous tenons compte est celui obtenu dans des travaux empiriques récents qui ont, d'une part, appliqué à une région déterminée un modèle de dispersion approprié

⁴⁵ EUROPEAN COMMISSION, 1997, *External Costs of Transport in ExternE*, Final Report.

(deuxième étape) et, d'autre part, dégagé des relations dose-réponse pertinentes pour un certain nombre d'immissions (troisième étape). La combinaison de ces divers résultats permet d'obtenir, moyennant un certain nombre d'hypothèses portant sur les valeurs de référence utilisées, des coûts des dommages exprimés par unité de polluant émis. Nous transposons ces résultats à notre cas empirique et nous les appliquons aux émissions émanant du trafic routier de la Région wallonne.

La quantification des émissions des polluants liés au trafic nécessite de connaître divers éléments :

- d'abord l'importance du trafic en Région wallonne, pour une période de référence déterminée;
- ensuite les caractéristiques de ce trafic (composition, vitesse et fluidité);
- enfin les émissions unitaires des différents véhicules (signalons dès à présent que seules les émissions à chaud et à froid produites par les moteurs de ces différents véhicules sont calculées. Les émissions par évaporation provenant des moteurs ou des stations ne sont pas comptées, ni celles provenant des raffineries de pétrole).

Pour ces diverses catégories de véhicules, un module d'émission a été mis au point sur Excel et permet de calculer, pour la Région wallonne, le volume d'émission d'un polluant p provenant du trafic routier ($=E^p$) sur base de la formule suivante⁴⁶ :

$$E^p = \sum_{i=1,\dots,12} (D_i * V_i * e_i^p),$$

avec D_i = distance moyenne parcourue par véhicule de la catégorie i (en km),

V_i = nombre de véhicules de la catégorie i,

e_i^p = émission du polluant p par véhicule de la catégorie i (en g par km).

Les douze catégories de véhicules dont nous tenons compte sont celles qui suivent :

- catégorie A1 : motos⁴⁷ (cc<50),
- catégorie A2 : motos (cc>50),
- catégorie B1.1 : voitures particulières à essence catalysées⁴⁸,
- catégorie B1.2 : voitures particulières à essence non catalysées,
- catégorie B2 : voitures particulières diesel,
- catégorie B3 : voitures particulières LPG,
- catégorie B4.1 : camionnettes à essence,
- catégorie B4.2 : camionnettes à diesel,
- catégorie C1.1 : véhicules utilitaires lourds à essence,
- catégorie C1.2 : véhicules utilitaires lourds diesel,
- catégorie C2 : véhicules utilitaires très lourds,
- catégorie D : bus et cars.

⁴⁶ Rappelons que ce calcul porte uniquement sur les émissions à chaud et à froid, sans tenir compte des émissions par évaporation.

⁴⁷ Les cyclomoteurs et les scooters ne sont pas repris dans cette catégorie.

⁴⁸ Nous faisons l'hypothèse que seules les voitures à essence immatriculées depuis le 1/1/93 possèdent un catalyseur.

Pour ce qui concerne les émissions unitaires des différents véhicules (e_i^p), nous disposons de deux sources d'information : d'une part, les facteurs d'émissions établis en 1995 par l'INRETS⁴⁹ en France pour trois catégories de voiture (les voitures à essence catalysées et non catalysées, ainsi que les voitures roulant au diesel) et quatre types de trafic représentés par autant de cycles de conduite (urbain lent, urbain fluide, routier et autoroutier), et d'autre part, les facteurs proposés par le groupe de travail CORINAIR et utilisés dans l'inventaire 1995 par l'Institut wallon⁵⁰ dans le cadre du modèle Myrtille⁵¹. Seules les émissions à chaud et à froid⁵² sont estimées. Par ailleurs, puisque les émissions polluantes liées au trafic routier diffèrent selon que le moteur est froid ou chaud, il nous faut connaître la part des distances parcourues à froid dans le total des déplacements effectués. C'est ainsi que pour les déplacements des voitures, motos et camionnettes autres que sur autoroute, nous supposons que 73% du trafic concernent des émissions à chaud et 27% des émissions à froid⁵³. Sur autoroute, il est raisonnable de supposer que 100% du trafic correspondent à un cycle chaud. De son côté, la part des déplacements à froid dans le total des déplacements effectués par les poids lourds et les bus au sein de la Région wallonne peut également être considérée comme négligeable.

Nous reprenons l'hypothèse déjà formulée auparavant selon laquelle les heures de pointe sont congestionnées alors que les heures creuses sont fluides. Précisons que cette distinction n'a son importance que dans le cas des facteurs de l'INRETS, CORINAIR ne faisant pas de différence entre les émissions en cycle lent et celles en cycle fluide.

Comme annoncé ci-dessus, notre module d'émission nécessite la disposition de données de trafic. Le recensement de la circulation de 1997 estime, sur base de la méthode GcLR, à 32,28 milliards de véhicules-kilomètres le trafic en Région wallonne (9,62 sur le réseau autoroutier, 15,20 sur le réseau régional et provincial, 7,46 sur le réseau communal). Puisque nous avons choisi de calculer les émissions polluantes en distinguant l'heure de pointe congestionnée et l'heure creuse fluide, il nous faut convertir ces données de trafic en moyennes horaires. Pour ce faire, nous reprenons les hypothèses déjà formulées selon lesquelles une année comprend 325 jours ouvrables équivalents et une journée contient 16 heures de trafic, soit 4 heures de pointe (de 7H à 9H) et 12 heures creuses (de 6H à 7H, de 9H à 16H et de 18H à 22H). En tenant compte du fait que 29,8% du trafic s'effectuant sur la plage horaire de 6H à 22H a lieu, lors d'un jour ouvrable, pendant les quatre heures de pointe, nous obtenons les estimations du trafic de base en Région wallonne telles qu'énoncées dans le tableau 7 qui suit :

⁴⁹ JOUMARD R. & al., 1995, *Évolution des émissions des polluants des voitures particulières lors du départ moteur froid*, Rapport INRETS n°197, 75 p.

⁵⁰ INSTITUT WALLON, 1997, *Inventaire des émissions atmosphériques en Wallonie - CORINAIR – Inventaire 1995 pour le transport routier* (groupe 7).

⁵¹ Signalons que la vitesse supposée varie selon la source utilisée pour les émissions unitaires. Ainsi, pour les voitures à essence et les voitures diesel, l'INRETS suppose une vitesse de 8 km/h aux heures de pointe et 23 km/h aux heures creuses sur les routes communales, de 51 km/h sur les routes régionales et provinciales, et de 93 km/h sur les autoroutes. Pour les autres catégories de véhicules, le modèle Myrtille appliqué par l'Institut wallon retient une vitesse de 25 km/h sur les routes communales, de 50 km/h sur les routes régionales et provinciales, et de 110 km/h sur les autoroutes.

⁵² Ces dernières sont dérivées des émissions à chaud au moyen d'une formule reliant celles-ci à la température moyenne annuelle que nous fixons à 10 degrés.

⁵³ Ces pourcentages sont ceux retenus par l'INRETS en France et correspondent à une moyenne nationale.

Tableau 7 : Estimations du trafic de base en Région wallonne (1997)

	RESEAU COMMUNAL	RESEAU REGIONAL ET PROVINCIAL	RESEAU AUTOROUTIER	TOTAL
TRAFIC MOYEN ANNUEL (EN MILLIARDS DE VEH-KM)	7,46	15,20	9,62	32,28
TRAFIC MOYEN JOURNALIER (EN VEH-KM)	22.953.846	46.769.231	29.600.000	99.323.077
TRAFICS HORAIRES (EN VEH-KM)				
HP CONGESTIONNEES	1.710.062	3.484.308	2.205.200	7.399.569
HC FLUIDES	1.342.800	2.736.000	1.731.600	5.810.400

Les facteurs d'émission unitaires diffèrent sensiblement selon les véhicules. Il convient dès lors de répartir le trafic selon les différentes catégories de véhicules. Puisque certains facteurs d'émission diffèrent (notamment) selon le type de carburant, il nous faut décomposer le trafic de certaines catégories de véhicules suivant leur type de carburant. Fautes de données détaillées sur ces trafics, nous nous basons sur l'hypothèse selon laquelle la répartition des différentes sous-catégories de véhicules dans le parc représente celle dans le trafic. Nous obtenons alors la composition du trafic en Région wallonne en 1997 telle qu'exposée dans le tableau 8 qui suit :

Tableau 8 : Composition du trafic en Région wallonne (= $D_i \cdot V_i$ en véh-km par heure)

	HP CONGESTIONNEES			HC FLUIDES		
	RESEAU COMMUNAL	RESEAU REGIONAL ET PROVINCIAL	RESEAU AUTOROUTIER	RESEAU COMMUNAL	RESEAU REGIONAL ET PROVINCIAL	RESEAU AUTOROUTIER
A1	17.935	37.505	10.042	14.083	29.450	7.886
A2	8.058	16.850	4.512	6.327	13.231	3.543
B1.1	447.923	876.973	522.711	351.725	688.630	410.451
B1.2	532.215	1.042.005	621.077	417.914	818.219	487.691
B2	534.206	1.045.903	623.400	419.477	821.279	489.515
B3	7.610	14.899	8.880	5.975	11.699	6.973
B4.1	20.399	40.906	25.833	16.018	32.121	20.285
B4.2	59.704	119.721	75.606	46.881	94.009	59.369
C1.1	3.089	6.293	3.361	2.425	4.942	2.639
C1.2	56.080	114.263	61.031	44.036	89.724	47.923
C2	5.913	134.843	233.090	4.643	105.883	183.030
D	16.588	33.798	15.436	13.025	26.539	12.121

SOURCE : MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998,
RECENSEMENT DE LA CIRCULATION 1997, N° 14, et nos propres calculs.

Compte tenu de toutes ces hypothèses de travail, nous pouvons maintenant quantifier les émissions polluantes émanant du trafic routier en Région wallonne. Les émissions totales par polluant pour l'ensemble des véhicules durant une certaine période ($=E^p$) sont synthétisées dans le tableau 9 qui suit, lequel distingue la situation en heures de pointe et celle en heures creuses. Signalons que notre module d'émission permet également de désagréger ces données par catégorie de véhicule pour chacune des douze situations distinguées⁵⁴.

Tableau 9 : Émissions totales par polluant en Région wallonne

	PAR HEURE – EN KG		PAR AN – EN TONNES		
	HP	HC	HP	HC	TOTAL
CO	88.214	64.830	114.678	252.839	367.517
PM	1.183	895	1.537	3.492	5.029
CO ₂	2.086.426	1.512.465	2.712.354	5.898.615	8.610.969
N ₂ O	313	185	407	721	1.128
CH ₄	449	291	584	1.136	1.720
COVNM	10.421	9.384	13.547	36.598	50.145
NO _x	16.179	12.814	21.033	49.975	71.008
SO ₂	365	270	475	1.051	1.526

Ainsi, en tenant compte des émissions horaires, nous constatons que le trafic routier pollue beaucoup plus durant une heure de pointe que durant une heure creuse. Parmi les polluants émis, les émissions totales de CO₂, directement liées à la consommation de carburant, sont les plus importantes (plus de 8,5 millions de tonnes par an).

Il importe de préciser ici que les émissions de polluants telles que présentées ci-dessus correspondent à la quantification d'un effet de mobilité et non pas d'un impact. L'impact environnemental est de son côté fonction des concentrations obtenues dans l'air ambiant. Ces concentrations ou immissions varient en fonction de la dispersion atmosphérique des polluants émis, qui elle-même varie fortement avec la topographie des lieux et les conditions climatiques locales. Il n'existe donc pas de relation directe entre l'émission et l'immission. Des modèles de dispersion atmosphérique ont cependant été mis au point pour tenter d'estimer les niveaux de concentration. Les immissions calculées ne doivent cependant pas être confondues avec celles que l'on mesure dans l'air ambiant. Elles excluent en effet les autres sources de pollution (industrielle et domestique). Le calcul d'impact effectué tente de rendre compte uniquement de la part des transports dans la problématique plus vaste de la pollution atmosphérique globale. Il exclut les effets de cumul et de synergie qui pourraient se développer suite à la présence dans l'atmosphère de polluants émanants des autres sources. Faute de données sur la topographie et les conditions météorologiques en Région wallonne, nous ne pouvons estimer avec précision la dispersion atmosphérique des polluants émis par le trafic routier. Dès lors, nous reprenons les résultats obtenus dans d'autres études, notamment ceux relatifs à la Belgique dans le cadre du projet européen ExternE.

⁵⁴ Voir Annexe II.

Les impacts causés par les immissions se situent aux niveaux de la santé des individus (augmentation du nombre de décès prématurés et de la fréquence de certaines maladies), de la végétation et des cultures, des bâtiments et du climat (effet de serre). Ces différents impacts sont quantifiés au moyen de fonctions dose-effet établissant une relation entre les immissions et les impacts observés.

Après avoir estimé chaque impact, il convient ensuite d'affecter une valeur monétaire à chacun d'entre eux. Nous reprenons alors dans le tableau 10 ci-dessous les coûts unitaires des dommages obtenus dans le projet ExternE en vue de les appliquer aux émissions de trafic routier en Région wallonne. Signalons que tous les dommages ne sont pas pris en compte dans la littérature économique, soit par manque d'information, soit en raison d'un degré élevé d'incertitude quant aux résultats obtenus. Notre application de la méthode du coût des dommages est donc incomplète et le coût de la pollution de l'air que nous obtenons sous-estime le coût réel.

Tableau 10 : Coûts marginaux de référence (en Écus/tonne)

	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COVNM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
SANTE	24.537	11.858	2	12.650	930			
CULTURES		43		350				
MATÉRIAUX		99						
ÉCOSYSTÈME						20	6.800	410

Source : DE NOCKER L. & al., 1998, *Externe kosten van elektriciteitsproductie in België*, W.P., VITO.

A la lecture de ce tableau, il apparaît clairement que, parmi les principaux polluants issus du trafic routier, et dans l'état actuel des recherches empiriques, ce sont les particules qui coûtent le plus cher en termes de dommages (principalement en raison du caractère cancérigène de ce polluant). Le SO₂ et le NO_x ont également un coût unitaire non négligeable, bien que nettement inférieur à celui des particules (environ la moitié). Rappelons que ces coûts unitaires issus de la littérature dépendent étroitement des hypothèses de travail formulées (valeur d'une vie, ...).

Disposant d'estimations des émissions totales en Région wallonne et de coûts marginaux de référence, il nous est possible d'estimer le coût de la pollution du trafic routier :

Tableau 11 : Estimation du coût global de pollution atmosphérique lié au trafic routier sur l'ensemble des routes de Wallonie

POLLUANTS CONSIDERES	COÛTS HORAIRES (EN BEF)		COÛTS ANNUELS
	HEURES DE POINTE	HEURES CREUSES	
PM ₁₀	3.350.089	2.536.726	14.248.345.305
SO ₂	177.225	130.716	740.184.716
CO	7.129	5.240	29.702.697
NO _x	8.499.377	6.731.692	37.302.786.773
COVNM	391.636	352.666	1.884.523.944
CO ₂	1.686.250	1.222.375	6.959.385.488
N ₂ O	86.073	50.782	309.946.442
CH ₄	7.439	4.827	28.494.932
TOTAL	14.205.217	11.035.023	61.503.370.297

Les coûts exposés dans le tableau 11 ci-dessus sont relatifs aux déplacements effectués par tous les modes de transport routier sur l'ensemble des routes de la Région wallonne. Il nous reste alors à examiner la part de ces coûts attribuable à la voiture et au bus. C'est ce que nous faisons dans le tableau 12 ci-dessous :

Tableau 12 : Les coûts externes de pollution atmosphérique

	HEURES DE POINTE		HEURES CREUSES	
	VOITURE	BUS	VOITURE	BUS
COÛTS TOTAUX (EN BEF)	7.632.381.765	937.406.260	17.746.507.966	2.208.252.331
COÛTS MOYENS (EN BEF PAR VEH-KM)	0,94	10,96	0,92	10,96
(EN BEF PAR VOY-KM)	0,67	0,28	0,62	1,22

2.2.2.2 Pollution sonore

Le bruit marque la vie. Sans bruit, il n'y a pas de vie. Toutefois, le bruit peut l'envenimer car il constitue une des formes prédominantes d'atteinte au cadre de vie.

La gêne liée au bruit dépend à la fois de son intensité et de sa fréquence. Plus un son est aigu, plus sa fréquence est élevée. A l'inverse, plus il est grave, plus sa fréquence est faible. L'unité la plus utilisée pour mesurer le bruit est le décibel à pondération dB(A). Celui-ci tient compte non seulement de l'intensité du bruit (mesurée en décibel) mais aussi de sa fréquence (mesurée en hertz). Cette échelle logarithmique accorde un plus grand poids aux fréquences moyennes et élevées qui sont perçues de façon intense par l'oreille humaine.

Les coûts externes de pollution sonore peuvent s'obtenir soit en multipliant l'effectif de la population exposée à un niveau de bruit supérieur au seuil de gêne par le coût de référence du bruit par personne exposée, soit en multipliant le nombre d'habitations exposées au bruit par le coût de référence adéquat.

Pour obtenir un coût de référence (exprimé par décibel), diverses méthodes sont envisageables :

- l'approche de la volonté à payer permet de dégager le prix que les individus sont prêts à payer afin d'éviter la nuisance sonore;
- la méthode du coût de prévention estime les dépenses nécessaires pour supprimer ou réduire la pollution sonore. Ces dépenses peuvent viser à atténuer le bruit à la source en agissant par exemple sur les véhicules eux-mêmes et leur insonorisation ou en agissant sur le revêtement de la route. Elles peuvent également avoir pour objectif de protéger la collectivité dans son ensemble en plaçant par exemple des écrans antibruit le long des autoroutes. Enfin, elles peuvent viser à protéger la vie privée des individus en installant par exemple du double vitrage dans les logements.
- la méthode hédoniste permet d'obtenir un taux de dépréciation du prix du logement par décibel. L'idée est la suivante : la valeur d'une maison dépend non seulement de ses caractéristiques intrinsèques, mais aussi de variables liées à l'environnement, notamment le bruit. Ainsi, en milieu urbain, plus le quartier convoité est calme, plus le loyer à payer sera élevé. A partir de techniques économétriques, il est possible d'isoler dans le loyer l'influence du bruit de celle des autres caractéristiques du logement. On obtient ainsi le prix implicite du bruit. Celui-ci correspond au lieu des dispositions à payer

d'équilibre des ménages maximisant leur niveau d'utilité sous contrainte budgétaire, et ce, pour des variations marginales du bruit. C'est sur base des résultats de la méthode hédoniste que nous travaillons⁵⁵.

Puisque la valeur d'une habitation dépend non seulement de ses caractéristiques intrinsèques mais aussi de variables liées à l'environnement, le marché immobilier constitue un marché de substitution pour le bruit⁵⁶. Divers auteurs se sont attachés à calculer un taux de dépréciation d'une habitation par décibel. Ces taux varient selon les études européennes:

- SOGUEL⁵⁷ l'évalue à 0,914 % pour la ville de Neuchâtel;
- POMMEREHNE⁵⁸ retient un taux de 1,26 % pour Bâle;
- ITEN⁵⁹ l'estime pour sa part à 0,9 % pour Zurich;
- LARSEN⁶⁰ l'évalue, pour Oslo, à 0,8 %;
- OOSTERHUIS & VAN DER PLIGT⁶¹ obtiennent 0,4 %;
- enfin, HAMMAR⁶² obtient un taux de 0,8-1,7 % pour Stockholm.

Signalons, à titre indicatif, que les études menées aux Etats-Unis aboutissent, en moyenne, à des taux de dépréciation plus faibles⁶³ (0,4-0,5 %) alors que celles menées au Canada⁶⁴ et en Australie⁶⁵ obtiennent des valeurs semblables à celles obtenues en Europe. De notre côté, nous retenons un taux de dépréciation de 0,9 % par décibel conformément au projet ExternE de la Commission Européenne. Ce taux n'est pertinent qu'au-delà d'un seuil de

⁵⁵ Signalons que la plupart des auteurs n'étudient que des variations marginales du niveau sonore alors qu'idéalement, il faudrait mesurer la disposition à payer pour des variations de niveaux de bruit plus larges. Cela ne pourrait se faire qu'en identifiant la fonction de disposition à payer pour un meilleur environnement sonore. En théorie, cette fonction est influencée par le revenu et les préférences de chacun. Pour l'estimer, il faudrait partir du prix marginal implicite du bruit que l'on régresserait par rapport, notamment, au revenu mensuel des ménages, à une variable tenant compte de la composition des ménages et à la variable bruit. Les coefficients trouvés permettraient alors d'obtenir, pour un revenu moyen et en fonction du niveau de bruit observé, la disposition marginale à payer pour ramener le bruit au niveau désiré. Celle-ci pourrait alors être rapportée au nombre d'immeubles exposés pour calculer le coût social du bruit sur le site étudié.

⁵⁶ PEARCE (D.W.) & MARKANDYA (A.), 1989, *Environmental Policy Benefits : Monetary Valuation*, OECD, Paris.

⁵⁷ SOGUEL (N.), 1991, *Evaluation du coût social du bruit généré par le trafic routier en ville de Neuchâtel*, Institut de Recherches Economiques et Régionales, W.P. 91-05, Université de Neuchâtel.

⁵⁸ POMMEREHNE (W.W.), 1987, L'évaluation des gains et des pertes d'aménités : le cas du bruit provenant du trafic", in *Burgat (P.) et Jeanrenaud (C.) (éd.) : Services publics locaux*, Economica, Paris.

⁵⁹ ITEN (R.), *Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität*, Verlag Hans Schellenberg, Winterthur.

⁶⁰ LARSEN (1985) in NAVRUD (S.), 1991, *Summary of Norwegian Valuation Studies Relevant for economic Valuation of External Effects of Fuel Cycles*, Noragric, Agricultural University of Norway.

⁶¹ OOSTERHUIS (F.) & VAN DER PLIGT, 1985, *Kosten en Baten van de Wet Geluidshiner*, Commissie Evaluatie Wet Geluidshiner, CW-AS-06.

⁶² HAMMAR (T.), 1974, *Trafikimmissjoners innverkan pa villapriser*, Statens Vägverk, Vägförvaltningen i Stockholm län.

⁶³ NELSON (J.P.), 1982, "Highway Noise and Property Values. A survey of Recent Evidence", in *Journal of Transport Economics and Policy*, vol 16, pp 117-132.

⁶⁴ HALL & al., 1978, "Effects of Highway Noise on Residential Property Values", in *Transportation Research Record 686*, Washington DC : National Academy of Sciences, pp. 38-43.

⁶⁵ STREETING (M.C.), 1990, *A survey of the hedonic price technique*, Ressource Assessment Commission, Camberra.

gêne de 50 décibels et se réfère à une valeur moyenne d'une habitation. Selon la CGER⁶⁶ et nos propres calculs, cette valeur moyenne d'une habitation en Région wallonne s'élève à BEF 2.421.253. Ainsi, lorsqu'une habitation est exposée à une augmentation du niveau acoustique continu équivalent d'un décibel pendant toute sa durée de vie, sa valeur diminue de BEF 21.791. La durée de vie moyenne d'une habitation est supposée être de 50 ans. Nos calculs tiennent également compte d'un taux d'actualisation brut de 5 % et d'un taux d'inflation de 2 %. Ces hypothèses nous permettent d'estimer l'impact d'une augmentation d'un décibel pendant une courte période sur la valeur d'une maison. Ainsi, par exemple, pour une habitation, nous trouvons un coût moyen par décibel au-delà du seuil de gêne de BEF 0,1393 par heure d'exposition.

La durée d'exposition au bruit influence sa nocivité. En tenir compte ne pose pas de problème lorsque le niveau reste constant. Ceci n'est pas le cas en ce qui concerne les émissions sonores du trafic routier, qui varient fortement selon les heures. C'est pourquoi la mesure du bruit à laquelle nous recourons est le niveau acoustique continu équivalent (L_{eq}) représentant la moyenne de l'énergie perçue pendant une période de temps donnée et mesurée en dB(A).

Nous prenons en considération trois types de routes : les autoroutes, les autres routes numérotées et les routes communales. Ces deux premiers types de routes sont supposés présenter une forme en "L" ou en "tissus diffus" (rues sans bâtiments, bordées de bâtiments éloignés, ou bordées d'un seul côté de bâtiments). Par contre, nous supposons que les routes communales traversant la Région wallonne présentent une forme en "U" en ce sens que des habitations y sont disposées des deux côtés.

La fonction L_{eq} prend l'allure suivante⁶⁷ :

$$L_{eq}(A) = 15,7 + 10 \log(Q_{vl} + EQ_{pl}) + 20 \log v - 12 \log(d + l/3),$$

dans le cas des autoroutes et des autres routes numérotées, et

$$L_{eq}(A) = 53,9 + 10 \log(Q_{vl} + EQ_{pl}) - 10 \log l + K,$$

dans le cas des routes communales, où :

- $L_{eq}(A)$ est le niveau acoustique continu équivalent à 2 mètres de la façade ($d=2$), pour les routes communales et les autres routes numérotées, et à 30 mètres du bord de la chaussée pour les autoroutes ($d=30$);
- Q_{vl} correspond au volume de trafic des véhicules légers (<3,5T), en véhicules par heure;
- Q_{pl} est le volume de trafic des poids lourds, également en véhicules par heure;
- E est le facteur d'équivalence acoustique entre véhicules légers et lourds. Nous pouvons admettre qu'un poids lourd équivaut à 10 véhicules légers ($E=10$) dans le cas des routes communales et des autres routes numérotées et à 4 véhicules légers ($E=4$) dans le cas des autoroutes. Ces coefficients d'équivalence sont valables pour des routes dont la pente ne dépasse pas 2 %;
- l correspond à la largeur entre les façades, soit 10 mètres pour les routes communales, 12 mètres pour les autres routes numérotées et 20 mètres pour les autoroutes;

⁶⁶ CGER, 1998, *Guide des valeurs immobilières*, Brochure éditée avec la collaboration de la Fédération Royale des Notaires de Belgique.

⁶⁷ Formules utilisées dans le cadastre du bruit routier de la Région de Bruxelles-Capitale.

MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE, 1980, *Guide du bruit des transports terrestres : prévision des niveaux sonores*.

- K est un facteur de correction se subdivisant en quatre. K_h corrige la hauteur ($K_h=0$ si la mesure du bruit est effectuée à 4 mètres au-dessus du sol). K_v corrige la vitesse de sorte qu'un décibel est ajouté par tranche de 10 km/h au dessus de 60 km/h. K_r constitue une correction de rampe, égale ici à zéro car intégrée dans le facteur E. Enfin, K_c est une correction de carrefour que nous négligeons;
- v est la vitesse exprimée en kilomètres par heure.

L'utilisation de ces fonctions requiert la disposition de débits de trafics horaires. Malheureusement, ces données ne sont pas disponibles pour tous les types de routes de la Région wallonne. Il nous faut dès lors estimer des débits de trafic d'une manière indirecte. Pour ce faire, nous nous basons sur le Recensement de la circulation⁶⁸ dans lequel nous trouvons les renseignements suivants :

- d'une part, les intensités moyennes journalières résultant de comptages automatiques sur les autoroutes et autres routes numérotées (aucun comptage n'est effectué sur les routes communales). Il est à noter qu'il existe un risque de biais en raison de la distribution non uniforme des compteurs sur le réseau des routes wallonnes (les postes de comptage étant disposés principalement le long des routes les plus fréquentées);
- d'autre part, à partir des estimations des véhicules-kilomètres disponibles pour les trois types de routes effectuées selon la méthode GcLR⁶⁹ (méthode la plus fiable), il est possible de dériver des flux moyens journaliers (pour un jour moyen ouvré) relatifs aux trois types de routes. Toutefois, les débits obtenus sont à prendre avec réserve. A défaut de mieux, nous adoptons cette seconde façon de procéder.

Sur base de nos calculs, nous trouvons 31.391 véhicules par jour moyen ouvré sur chaque kilomètre d'autoroute, 5.554 véhicules sur les autres routes numérotées, et 430 véhicules sur les routes communales revêtues. Ces chiffres sont, d'une part, à répartir entre les diverses catégories de véhicules⁷⁰ (voitures, camions, motos, camionnettes, bus et autres), et d'autre part, à ramener en flux horaires en distinguant heures de pointes et heures creuses. Les débits de trafic exprimés en équivalents voiture particulière (EVP) que nous retenons sont ceux qui suivent :

Tableau 13 : Les débits de trafic estimés sur le divers types de routes

	Heures de pointe	Heures creuses
Autoroutes	3.384	2.657
Autres routes numérotées	723	568
Routes communales	54	42

En ce qui concerne les vitesses moyennes, nous utilisons les fonctions de NEWBERY reliant vitesses aux débits, pour les trois types de routes, et citées dans MAYERES (1993)⁷¹.

⁶⁸ MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.

⁶⁹ C'est-à-dire la méthode Globale à réseau constant sur base de Longueurs représentatives par Route.

⁷⁰ Pour ce faire, nous utilisons les facteurs d'équivalence relatifs à chaque type de route et nous partons pour les routes numérotées, de la composition moyenne du trafic y afférent (cfr. Recensement 1995), et pour les routes communales, du parc des véhicules en Région wallonne (cfr. INS et FEBIAC).

⁷¹ MAYERES (I.), 1993, "The Marginal External Cost of Car Use – with an Application to Belgium", in *Tijdschrift voor Economie en Management*, n° 3.

Toutes ces données nous permettent d'évaluer le niveau acoustique continu équivalent sur chaque type de routes. Ainsi, tout niveau sonore supérieur au seuil de gêne peut-être valorisé à partir du coût de référence par habitation (déterminé ci-dessus) et du nombre de maisons exposées au bruit⁷². Le tableau 14 ci-dessous donne les résultats obtenus. Le coût total du bruit lié à la circulation s'élève, en Région wallonne, à près de BEF 17 milliards par an. Ce montant est en partie attribuable au trafic des camions et des camionnettes, dont nous n'avons pas tenu compte dans le calcul des coûts horaires et totaux mentionnés au tableau 14, puisque seuls les modes de transport de personnes retiennent notre attention dans le cadre de ce rapport. Nous constatons qu'un bus est à l'origine d'un coût moyen du bruit supérieur à celui engendré par une voiture, et ce, quel que soit le type de route considéré. Mais le rapport s'inverse lorsque nous raisonnons en voyageurs-kilomètres.

Tableau 14 : Les coûts externes de pollution sonore

	Autoroutes	Autres routes numérotées	Routes communales	TOTAL
Coûts horaires*				
Heure de pointe	13.853	811.856	1.401.133	2.226.842
Heure creuse	13.232	773.870	1.264.884	2.051.986
Coûts totaux*				
(en BEF)	78.181.540	4.574.860.630	7.585.846.100	12.238.888.270
Coûts moyens				
(en BEF par voiture-km)	0,0097	0,3025	0,6945	0,3190
(en BEF par voy-km)	0,0065	0,2044	0,4693	0,2155
(en BEF par bus-km)	0,0387	3,0252	6,9453	2,6882
(en BEF par voy-km)	0,0021	0,1653	0,3795	0,1470

* tous les équivalents voitures particulières confondus (seuls les modes de transport de personnes étant considérés)

2.2.3 Coûts externes des accidents

Les coûts externes des accidents concernent tous les coûts engendrés par un accident de la circulation n'ayant pas été couverts par les assurés. Ils comprennent une partie financière supportée par la collectivité et une partie non financière supportée par les victimes ou les proches⁷³ et dépendant de la valeur d'une vie.

Parmi les coûts des accidents, certains sont directement liés au nombre de victimes alors que les autres ne dépendent que du nombre d'accidents. Nous tenons compte de cette distinction dans la suite de cette section.

Le fil conducteur de nos recherches concernant les coûts des accidents est le suivant :

⁷² Sur base de nos calculs et des statistiques INS.

INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Statistiques de la construction et du logement*, Ministère des Affaires Economiques, numéro 30.

⁷³ Signalons d'emblée que nous ne valoriserons pas la souffrance des proches de la victime de l'accident de la route étant donné la subjectivité de la notion.

- dans un premier temps, nous évaluons chaque composante du coût global des accidents en Belgique, pour l'année 1997, en distinguant les coûts liés au nombre de victimes des coûts liés au nombre d'accidents;
- ensuite, sur base de clés de répartition, nous dégagons le coût global des accidents de roulage en Région wallonne;
- enfin, de ce coût global, nous ne retenons que les coûts externes des accidents, dans un souci d'éviter les doubles comptages. Le montant retenu est alors à répartir entre les divers modes de transport routiers.

2.2.3.1 Coûts liés au nombre de victimes

Cette catégorie de coûts reprend les coûts directement liés au nombre de victimes. Ils dépendent de la gravité, de la durée et des conséquences des dommages corporels et moraux pour les victimes et comprennent⁷⁴ :

- les soins médicaux;
- la perte de capacité de production;
- la valeur de la vie humaine.

Soins médicaux

Les soins médicaux, y compris les frais de réadaptation médicale, forment l'évaluation directe des dommages corporels. Ils représentent la somme des dépenses en soins, hospitaliers ou non, et incluent les frais d'ambulance et de traitements en milieu hospitalier, le coût des analyses médicales et des médicaments ainsi que les frais ultérieurs nécessaires à la guérison.

Notre évaluation de ces soins médicaux se base sur des statistiques des accidents du travail dans les entreprises du secteur des transports, dans la catégorie socio-professionnelle des ouvriers⁷⁵. Il s'agit des seules données statistiques existantes pouvant nous aider. Bien qu'elles ne soient disponibles qu'avec un certain retard, elles offrent l'avantage d'être ventilées suivant les degrés de gravité des blessures. En effet, trois cas sont retenus :

- d'abord, le cas des décédés, c'est-à-dire les travailleurs tués sur le coup ou morts dans les trente jours après l'admission à l'hôpital;
- ensuite, le cas des blessés graves, soit les blessés dont l'état nécessite une hospitalisation d'au moins 24 heures;
- enfin, le cas des blessés légers, dont l'état ne nécessite pas une hospitalisation de plus de 24 heures.

Le tableau 15 qui suit offre le détail du calcul des coûts moyens des soins médicaux, par victime et selon la gravité des blessures. Un taux d'inflation de 19,6793 % est appliqué⁷⁶ afin de tenir compte de la croissance, entre 1991 et 1997, de l'indice général des prix relatifs aux

⁷⁴ Précisons que nous ne valoriserons pas la réadaptation non médicale. Celle-ci comprend la rééducation physique et psychologique de la victime, les mesures de réinsertion professionnelle, les frais de transformation du domicile et du transport des personnes handicapées, les frais d'embauche et de formation pour le remplacement de la victime lors d'une absence prolongée ou d'un décès, les frais d'enseignement spécial pour les enfants, ...

⁷⁵ INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUES, 1995, "Statistiques des accidents du travail. Exercice 1991", in *Statistiques sociales*, n° 5.

⁷⁶ Ce taux d'inflation nous a été communiqué par le service "Statistiques financières et économiques" de la Banque Nationale de Belgique.

dépenses de santé. Il est à noter que, dans le cas d'un décès, le coût moyen par victime comprend les frais de funérailles.

Tableau 15 : Les coûts médicaux moyens

	Nombre de cas	Frais médicaux	Frais par cas (1991)	Frais par cas (1997)
Décédés	26	2.101.821	80.839	96.748
Blessés graves	792	47.931.891	60.520	72.430
Blessés légers	8.897	280.114.698	31.484	37.680

Sur base des statistiques disponibles pour la Région wallonne⁷⁷, nous pouvons alors estimer, pour 1997, le coût total des soins médicaux effectués à la suite d'accidents de roulage à BEF 952.768.694.

PERTE DE CAPACITE DE PRODUCTION

La contribution d'une victime d'un accident au produit national est arrêtée, diminuée ou interrompue momentanément en fonction de la gravité de l'accident. Il s'agit dès lors de tenir compte non seulement de la perte de production professionnelle mais aussi de la perte de production non marchande. Pour ce faire, deux méthodes sont disponibles :

D'une part, la méthode des coûts d'indemnisation qui repose sur les données relatives au paiement d'indemnités par les assurances ;

D'autre part, la méthode du capital humain qui, de son côté, estime le potentiel de production de l'individu comme étant la somme actualisée de ses revenus escomptés.

C'est cette dernière méthode que nous retenons.

La perte de la production marchande est estimée sur base de l'hypothèse selon laquelle la production d'un individu se mesure par son revenu du travail. Une rémunération moyenne par travailleur est établie, indépendamment de l'âge et du sexe du travailleur. Cette rémunération représente alors sa production marchande et ne peut dès lors être attribuée qu'aux personnes actives. Elle s'obtient en effectuant le rapport entre la somme des rémunérations totales des salariés (BEF 4.500 milliards⁷⁸) et du revenu des entrepreneurs individuels (BEF 959 milliards⁷⁹), et le nombre total de travailleurs (employeurs, employés, ouvriers, indépendants, aidants, soit 3.839.083 personnes⁸⁰). Nous obtenons ainsi une production marchande moyenne annuelle de BEF 1.421.954 par personne active.

⁷⁷ L'Institut Belge pour la Sécurité Routière répertorie dans son rapport annuel de 1997, 573 tués, 3.851 blessés graves et 16.412 blessés légers sur l'ensemble du réseau routier wallon pour l'année 1997.

⁷⁸ BANQUE NATIONALE DE BELGIQUE, 1997, *Comptes nationaux 1997*, Institut des Comptes Nationaux, Partie II.

⁷⁹ BANQUE NATIONALE DE BELGIQUE, 1997, *Comptes nationaux 1997*, Institut des Comptes Nationaux, Partie II.

⁸⁰ INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Enquête sur les forces de travail 1997*, Ministère des Affaires Economiques.

La production non marchande représente quant à elle toutes les tâches qui pourraient être confiées à un professionnel moyennant rémunération, mais qui sont effectuées par l'individu lui-même. Elle est calculée en supposant que le temps consacré aux activités extra-professionnelles est respectivement de 10 et 23 heures par semaine pour les hommes et les femmes, que ceux-ci soient actifs ou inactifs. La valeur attachée à ces heures de travail est obtenue sur base des rémunérations horaires d'ouvriers et ouvrières dans certains secteurs. Nous estimons la production non marchande des hommes et des femmes à un revenu annuel de BEF 145.676 et BEF 335.055 respectivement⁸¹.

Afin de pouvoir estimer la perte totale de production actualisée, nous avons déterminé une série de coefficients dépendant du degré de gravité de l'accidenté par lesquels nous avons multiplié les revenus annuels⁸².

En ce qui concerne la perte de production totale des personnes décédées dans les accidents de la route, nos calculs se basent sur des coefficients de perte de production propres à chaque tranche d'âge. Chaque coefficient C s'obtient d'après la formule :

$$C = \sum_{j=1}^{w-x} \frac{l_{x+j}}{l_x} * \frac{PA_{x+j}}{(1+i)^j},$$

dans laquelle

- $\frac{l_{x+j}}{l_x}$ est la probabilité qu'un individu d'âge x soit vivant à l'âge x+j;
- PA_{x+j} est la probabilité qu'un individu d'âge x+j soit actif à cet âge;
- i désigne le taux d'actualisation net;
- w est l'âge ultime de survie, selon les tables de mortalité.

Pour simplifier les calculs, nous avons considéré des tranches d'âge de cinq ans et pris un taux d'actualisation net constant de 2 % (c'est-à-dire la différence entre un taux d'actualisation brut de 4 % et un taux de croissance de la productivité de l'individu de 2 %)⁸³. Pour le calcul des coefficients de perte de production non marchande, nous partons du principe que tous les individus participent à la production extra-professionnelle à partir de l'âge de vingt ans et jusqu'à dix ans avant leur décès probable établi par les tables de mortalité.

⁸¹ Nous reprenons les résultats des calculs effectués en 1996 par le Groupe Transport de l'Université Libre de Bruxelles, tout en les adaptant afin de tenir compte de l'inflation.

BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

⁸² Voir annexe III.

⁸³ BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

Le calcul de la perte de production totale des personnes gravement blessées dans les accidents de la route s'effectue en deux étapes. D'une part, pour estimer les coefficients de perte de production permanente, nous reprenons les coefficients de perte de production déjà calculés tout en les multipliant par un taux moyen d'incapacité permanente de 7,9 %⁸⁴ afin de tenir compte de la réduction de productivité suite aux blessures. D'autre part, pour estimer les coefficients de perte de production temporaire, nous nous basons sur une période d'incapacité temporaire de 163 jours⁸⁵; cette durée moyenne est alors multipliée par les taux moyens d'activité de chaque tranche d'âge.

Pour la perte de production totale des personnes légèrement blessées, nous multiplions à nouveau une durée moyenne d'incapacité temporaire (20 jours⁸⁶) par les taux moyens d'activité relatifs à chaque tranche d'âge.

Le détail de tous ces calculs est fourni à l'annexe III. Nous reprenons ci-dessous leurs résultats :

Tableau 16 : La perte de production moyenne brute par victime (en BEF de 1997)

	HOMMES	FEMMES
DECEDES	22.361.660	18.174.499
BLESSES GRAVES	2.443.311	2.061.123
BLESSES LEGERS	50.706	49.144

Dès lors, sur base des statistiques de l'Institut Belge pour la Sécurité Routière⁸⁷ et de nos calculs, nous pouvons estimer la perte de production totale brute en Wallonie pour 1997 à BEF 21.928.290.418.

VALEUR DE LA VIE HUMAINE

Tout accident de la route impliquant des lésions corporelles entraîne un dommage moral et une perte d'utilité due à la souffrance et à la douleur. Il s'agit dès lors pour nous de donner une valeur à la vie humaine.

Compte tenu des estimations très divergentes obtenues dans la littérature, nous avons choisi de reprendre, pour ce qui concerne les décédés, la valeur retenue dans les travaux ExternE de la Commission Européenne. En effet, celle-ci présente l'avantage de correspondre à une moyenne de plusieurs estimations obtenues dans différentes études européennes et américaines et ce, sur base de méthodes alternatives (la méthode du salaire pour des emplois à risque, la méthode de l'évaluation contingente ou la méthode des dépenses sur un marché de substitution).

⁸⁴ BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

⁸⁵ BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

⁸⁶ BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

⁸⁷ INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Rapport annuel 1997*.

Dans les travaux ExternE les plus récents⁸⁸, cette valeur de la vie humaine pour un décédé est estimée à ECU 3,1 millions (prix 1995), soit BEF 118.172.000. Pour connaître la valeur de la vie d'un blessé grave, il convient de multiplier ce montant par 0,095⁸⁹. Ce taux correspond au rapport entre le taux marginal de substitution entre le revenu et le risque d'être sérieusement blessé, d'une part, et le taux marginal de substitution entre le revenu et le risque d'être tué, d'autre part. Nous obtenons ainsi une valeur de la vie égale à BEF 11.226.340 par blessé grave.

Les travaux ExternE ne proposent pas de valeur de la vie dans le cas des blessés légers. Une autre étude réalisée par INFRAS estime la valeur humaine d'un blessé léger à 26,67 % du produit intérieur brut par habitant. En 1997, le P.I.B. de la Belgique s'élevait à BEF 8.675,484 milliards. Sur base d'une population de 10.170.226 personnes, nous trouvons une valeur de la vie humaine égale à BEF 227.503 par blessé léger.

Tous ces chiffres concernant la valeur humaine incluent la consommation escomptée de l'individu. Or, celle-ci doit être déduite car elle est déjà comptabilisée dans la perte de production. Le tableau exposé à l'annexe IV détermine, à partir de l'espérance de vie et de la part relative de chaque tranche d'âge dans le nombre total des victimes décédées, un coefficient d'actualisation pour la perte de consommation. Il convient alors de multiplier la consommation annuelle par habitant par ce coefficient pour déterminer la perte moyenne de consommation.

La consommation totale des ménages s'élevant à BEF 5.394,127 milliards⁹⁰, la consommation par habitant et par an équivaut à BEF 530.394. Dès lors, en tenant compte des coefficients calculés à l'annexe IV, la perte de consommation pour la société représentée par les personnes décédées vaut :

- pour les hommes : $25,5351293 * 530.394 = \text{BEF } 13.543.679$;
- pour les femmes : $26,1292625 * 530.394 = \text{BEF } 13.858.804$.

Le tableau 17 ci-dessous récapitule les valeurs (nettes) de la vie humaine que nous retenons:

Tableau 17 : Valeurs (nettes) de la vie humaine

	HOMMES	FEMMES
DECEDES	104.628.321	104.313.196
BLESSES GRAVES	11.226.340	11.226.340
BLESSES LEGERS	227.503	227.503

Dès lors, sur base des statistiques de l'IBSR⁹¹ et de nos calculs, nous estimons le dommage moral et la perte d'utilité due à la souffrance et à la douleur résultant des accidents de la route ayant eu lieu sur le réseau des routes wallonnes en 1997 à BEF 106.873.379.634.

⁸⁸ EUROPEAN COMMISSION, 1997, *External Costs of Transport in ExternE*, Final Report, p. 51.

⁸⁹ O'REILLY (D.) & al., 1993, "The value of Road Safety : UK Research on the Valuation of Preventing Non-Fatal Injuries", in *Journal of Transport Economics and Policy*, 45-59.

⁹⁰ BANQUE NATIONALE DE BELGIQUE, 1997, *Comptes nationaux 1997*, Institut des Comptes Nationaux, Partie II.

⁹¹ INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Rapport annuel 1997*.

2.2.3.2 Coûts liés au nombre d'accidents

Comme nous l'avons déjà mentionné, certains coûts sont dépendants du nombre d'accidents, et non du nombre de victimes. Nous procédons à l'évaluation de quatre d'entre eux :

- les dommages matériels;
- les frais administratifs;
- les frais de justice;
- les dépenses de la police de la route;
- les dépenses des services de secours.

DOMMAGES MATERIELS

Les dommages matériels sont évalués à partir de la charge totale des sinistres indemnisés par les entreprises d'assurances dans la branche Responsabilité Civile – véhicules terrestres automoteurs. Cette charge est répertoriée en Belgique par l'Office de Contrôle des Assurances pour toutes les catégories de véhicules automoteurs. Elle s'élève, pour les sinistres de l'année 1997, à BEF 55.158,137 millions⁹². Ce montant comprend à la fois les dégâts matériels et les indemnités des lésions corporelles couvertes par l'assurance Responsabilité Civile. Sur base d'une enquête effectuée auprès des compagnies d'assurances les plus importantes en Belgique⁹³, il apparaît que la répartition matériel/corporel de la charge est de l'ordre de 55/45. Les dégâts matériels indemnisés par les assurances Responsabilité Civile représentent alors un montant équivalent à BEF 30.336.975.350.

Toutefois, tous les dégâts matériels ne sont pas indemnisés par les compagnies d'assurances. Nous pensons, par exemple, à la dévalorisation du véhicule suite à l'accident, ou encore aux dégâts causés lors de petits accidents non déclarés. Selon une enquête, 15 % des accidents ne font pas l'objet d'une déclaration⁹⁴. Dès lors, nous nous basons sur l'hypothèse selon laquelle les dommages matériels non couverts par les assurances Responsabilité Civile ont une valeur égale à 105 % des indemnités versées par ces mêmes assurances, soit BEF 31.853.824.120. Le coût total des dégâts matériels causés par les accidents de roulage en Belgique peut donc être estimé à BEF 62.190.799.470. Pour la Région wallonne⁹⁵, nous retenons un montant de BEF 17.731.543.489.

FRAIS ADMINISTRATIFS

Nous retenons au titre de frais administratifs les frais à charge des compagnies d'assurances ainsi que les frais de justice.

⁹² OFFICE DE CONTROLE DES ASSURANCES, 1999, *Rapport annuel 1997 – 1998*.

⁹³ Cette enquête a été réalisée par L. BIERNAUX & al. auprès des compagnies suivantes : la Royale Belge, la SMAP, P&V, LAP, ABB, AG, AXA et CB Direct.

⁹⁴ BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.

⁹⁵ A défaut de données statistiques sur les accidents ayant engendré uniquement des dégâts matériels, nous utilisons ici le rapport entre d'une part, le nombre d'accidents corporels ayant eu lieu en 1997 sur le réseau routier wallon, et d'autre part, le nombre d'accidents corporels ayant eu lieu sur le réseau belge la même année.

D'après l'Union Professionnelle des Entreprises d'Assurances (UPEA), les charges d'exploitation des assurances Responsabilité Civile atteignent, en 1997, 25 % du montant des primes acquises dans la branche Responsabilité Civile – automobile⁹⁶. Celui-ci s'élève à BEF 67.286 millions. Dès lors, nous pouvons estimer le montant des frais d'exploitation des compagnies d'assurances en Belgique à BEF 16.821,5 millions.

A ces frais généraux, il convient d'ajouter ceux relatifs aux assurances complémentaires facultatives telles que l'assurance corps de véhicules (dégâts matériels, vol, etc.) et la protection juridique.

L'UPEA évalue les charges d'exploitation à 24,1 % et 33,5 % des primes acquises respectivement pour les corps de véhicule et la protection juridique. Celles-ci s'élèvent à BEF 28.075 millions et BEF 5.974 millions respectivement. Les montants obtenus sont dès lors BEF 6.766.075.000 pour les corps de véhicule et BEF 2.001.290.000 pour la protection juridique.

Nous obtenons ainsi un total des coûts administratifs de l'ordre de BEF 25.588.865.000 pour la Belgique. En Région wallonne, nous retenons un montant de BEF 7.295.774.881.

FRAIS DE JUSTICE

Les frais de justice sont estimés à partir de la charge totale des sinistres des assurances complémentaires en protection juridique. Selon l'Union Professionnelle des Entreprises d'Assurances, celle-ci s'élève, en 1997, à 52,8 % du montant des primes acquises égal à BEF 5.974 millions. Nous évaluons alors les frais de justice couverts par les compagnies d'assurances à BEF 3.154.272.000. Sachant que 86 % des assurés en Responsabilité Civile contractent également une protection juridique couvrant les frais d'expertise et les frais de procédures, nous estimons les frais de justice des usagers non assurés à BEF 513.486.140. Les frais de justice s'élèvent alors en Belgique à BEF 3.667.758.140. Pour la Région wallonne, ils sont estimés à BEF 1.045.733.669.

DEPENSES DE LA POLICE DE LA ROUTE

En 1997, la police de la route se compose de deux services : d'une part, la gendarmerie au niveau fédéral, et d'autre part, les polices communales.

D'après les données reçues de la Gendarmerie⁹⁷, le nombre de procès-verbaux rédigés par elle-même suite à un accident de la circulation s'élève à 28.161 pour les accidents avec lésions corporelles et à 46.049 pour les accidents qui n'ont provoqué que des dégâts matériels. Or, d'après le Major DRAUX, la charge de travail due aux constats est estimée à 11 heures pour les accidents avec lésions corporelles et 7 heures pour les accidents avec dégâts matériels uniquement. Selon Monsieur ARDANS (Directeur Supérieur des Finances de la Gendarmerie), les prestations des gendarmes sont comptabilisées en moyenne (tous grades confondus) à BEF 601 par heure en semaine et à BEF 836 par heure le week-end. En outre, un supplément de BEF 191 est octroyé s'il s'agit d'une heure de nuit. Le tableau de l'annexe V indique qu'en 1997, 61,5 % des accidents avec lésions corporelles constatés par la gendarmerie se sont produits en semaine pendant la journée. La proportion devient 5,2 % pour la même période pendant les heures de nuit. Les chiffres concernant le week-end sont respectivement 25,4 % et 7,9 %. Compte tenu de cette pondération, le coût moyen des prestations horaires des gendarmes est estimé à BEF 704 par heure. En ajoutant 25 % pour les frais de fonctionnement, nous obtenons un coût horaire moyen de BEF 880.

⁹⁶ UNION PROFESSIONNELLE DES ENTREPRISES D'ASSURANCES, 1999, *Rapport d'activités 1998*.

⁹⁷ Ces données nous ont été communiquées par le Lieutenant MARCHAND de l'Etat-Major Général.

Dès lors, les 28.161 procès-verbaux qui font suite à des accidents avec lésions corporelles ont demandé une charge de travail de 309.771 heures et ont donc coûté BEF 272.598.480. De leur côté, les 46.049 procès-verbaux dressés à la suite d'accidents avec uniquement des dégâts matériels pour conséquence ont engendré 322.343 heures de travail, représentant un coût de BEF 283.661.840. Les dépenses de la Gendarmerie à attribuer aux accidents de roulage sont ainsi estimées à BEF 556.260.320.

Nous pouvons raisonnablement supposer que les dépenses des services de polices communales sont du même ordre de grandeur. Le montant global des services de la police de la route atteint alors, pour l'année 1997, BEF 1.112.520.640 en Belgique, dont BEF 317.196.567 en Région wallonne.

DEPENSES DES SERVICES DE SECOURS

Les accidents de la route survenus en 1997 en Région wallonne ont provoqué la mort de 573 personnes. Les nombres de blessés graves et de blessés légers s'élèvent quant à eux à respectivement 3.851 et 16.412 personnes.

Nous supposons qu'une ambulance par victime est envoyée sur les lieux des accidents comportant des lésions corporelles. Chaque ambulance transporte deux ambulanciers. Son coût se compose tout d'abord d'un forfait de 10 kilomètres dont le prix est de BEF 1.810. Chaque kilomètre supplémentaire coûte BEF 180 (de 11 à 20 kilomètres) et BEF 140 (au-delà de 20 kilomètres). Selon le Commandant JANS du Centre 100 de Liège, 70% des trajets sont effectués dans le forfait. Il nous semble dès lors raisonnable de supposer que le trajet moyen effectué par une ambulance est de 15 kilomètres. Nous pouvons alors évaluer les coûts des ambulances à BEF 56.465.560.

Lorsqu'un accident de roulage comporte un blessé grave ou un tué, un véhicule d'intervention médicalisé est envoyé sur les lieux. Il s'agit du Service Médical Urgent de Réanimation (SMUR). Ce véhicule comprend outre le chauffeur, un médecin anesthésiste et un infirmier. Sur base d'un coût de BEF 10.000 par intervention, nous pouvons évaluer les services de secours rendus par le SMUR à BEF 44.240.000.

Lorsque la victime d'un accident de la route s'avère être coincée dans son mode de déplacement⁹⁸, trois types d'interventions doivent être comptabilisés :

- d'abord, l'intervention d'une autopompe dont le coût est de BEF 2.271 par heure. Cette autopompe comprend quatre pompiers et un sous-officier dont les coûts horaires sont respectivement BEF 471 et BEF 563;
- ensuite, l'intervention d'un véhicule comprenant du matériel de désincarcération dont le coût horaire est de BEF 1.207. Outre le chauffeur, deux pompiers sont également à bord du véhicule;
- enfin, l'intervention d'un véhicule (dont le coût horaire est de BEF 460) transportant, outre le chauffeur, un officier et un pompier.

D'après le Commandant JANS, il est raisonnable de supposer que chacune de ces interventions dure deux heures, sachant que toute heure entamée est due. Nous évaluons ainsi les coûts de désincarcération à BEF 14.795.625.

Dès lors, le coût total des interventions des services de secours pour les accidents de la route ayant eu lieu en Wallonie en 1997 peut être estimé à BEF 115.501.185.

⁹⁸ Ce qui est supposé être le cas dans 20 % des accidents avec tués ou blessés graves.

2.2.3.3 Coût global et les coûts externes des accidents

Le coût global des accidents de la route ayant eu lieu en Région wallonne en 1997 est obtenu sur base des calculs qui précèdent et des statistiques disponibles. Le tableau 10 ci-dessous révèle que ce coût s'élève à plus de BEF 156 milliards par an. Ce montant, qui peut paraître élevé, dépend évidemment de la valeur de la vie humaine retenue.

Il convient ensuite de retenir de ce coût global uniquement la partie externe dans un souci d'éviter les doubles comptages. Nous adoptons le point de vue du système de transport. En d'autres termes, nous retenons au titre de coûts externes, la partie du coût global qui est supportée par la collectivité dans son ensemble.

Les soins médicaux sont en partie remboursés par les assurances Responsabilité Civile des responsables. Le solde reste quant à lui à la charge des assurances santé ou de la collectivité et devrait donc idéalement être comptabilisé comme coût externe. En raison du manque de données disponibles et surtout du fait que la majorité des soins médicaux sont remboursés par les assurances Responsabilité civile, nous les considérons intégralement comme internes.

La perte de production est externe puisque la société voit la production diminuer du fait de l'incapacité consécutive aux accidents. De plus, la collectivité ne peut espérer bénéficier de la consommation escomptée des victimes décédées. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle nous avons préféré la perte de production brute, sans déduction de la consommation, à la perte de production nette.

La valeur de la vie humaine quant à elle est également externe car c'est la société qui la détermine et ce, indépendamment de sa valeur économique.

Les dégâts matériels sont supposés internalisés. En effet, une partie d'entre eux est supportée par les assurances Responsabilité Civile et est donc interne. L'autre partie est constituée des sinistres non déclarés. Ceux-ci sont majoritairement à charge de l'usager, soit qu'il supporte lui-même la dévalorisation de son véhicule, soit que le sinistre fasse l'objet d'une procédure à l'amiable. En fait, seuls les dégâts provoqués à des tiers par un cycliste ou un piéton peuvent, dans certains cas, être externes. En effet, ces dommages sont indemnisés soit par le responsable lui-même, auquel cas ils sont internalisés, soit par son assurance familiale. Ce dernier cas peut être envisagé comme un coût externe dans la mesure où cette assurance n'est pas uniquement contractée pour l'usage de la route. Toutefois, nous négligeons cet aspect, en raison d'une part, de sa faible part relative dans les sinistres et, d'autre part, du fait que le vélo et la marche à pied ne sont pas envisagés dans le cadre de cette étude.

Les frais administratifs sont internalisés dans les primes versées par les usagers aux compagnies d'assurances. Nous supposons les frais de justice internalisés car ils sont soit couverts par l'assurance juridique contractée par l'usager de la route, soit supportés par les usagers non assurés. Enfin les dépenses de police de la route et des services de secours sont externes, puisqu'à charge de la collectivité. Sur base de ces quelques considérations, nous estimons les coûts externes des accidents en Région wallonne à environ BEF 129 milliards, comme l'indique le tableau 18 ci-dessous :

Tableau 18 : Calcul du coût global et des coûts externes des accidents

Type de coût	Coût global (BEF)	Coûts externes (BEF)
Soins médicaux	952.768.694	-
Perte de production brute	21.928.290.418	21.928.290.418
Valeur nette de la vie humaine	106.873.379.634	106.873.379.634
Dommmages matériels	17.731.543.489	-
Frais administratifs	7.295.774.881	-
Frais de justice	1.045.733.669	-
Police de la route	317.196.567	317.196.567
Services de secours	115.501.185	115.501.185
TOTAL	156.260.188.537	129.234.367.804

Ce montant des coûts externes des accidents de la route est à répartir entre les divers modes de transport envisagés. Nous effectuons cette répartition en pondérant les montants impliqués par la part de responsabilité estimée de chaque mode. Cette responsabilité est établie à partir de la charge totale des sinistres couverts par les assurances Responsabilité Civile pour chaque mode de transport routier⁹⁹ pour l'année 1997. Nous chiffrons alors les coûts externes des accidents imputables à la voiture particulière à BEF 100.616.158.463. Pour le bus, ces coûts externes d'accidents sont estimés à BEF 1.219.232.488. Le solde est à répartir entre les autres modes de transport terrestres, à savoir les camionnettes, les camions, les taxis, et les deux roues.

Le tableau 19 ci-dessous synthétise les résultats obtenus dans notre calcul des coûts externes des accidents des transports routiers de personnes survenus sur le réseau des routes wallonnes en 1997 :

Tableau 19 : Les coûts externes des accidents (1997)

	Voiture particulière	Bus
Coûts totaux (en BEF)	100.616.158.463	1.219.232.488
Coûts moyens (en BEF par véh-km)	3,67	14
(en BEF par voy-km)	2,48	0,77

2.2.4 Coûts externes d'infrastructure

Notre évaluation des coûts externes d'infrastructure se fait en deux étapes : dans un premier temps, nous étudions le cas du transport routier; ensuite, celui du transport par rail.

2.2.4.1 Coûts externes d'infrastructure pour le transport routier

La mobilité des personnes se traduit, au niveau des collectivités publiques, par des coûts financiers directs. En effet, celles-ci sont amenées à effectuer des dépenses d'entretien, voire d'amélioration des voiries existantes. En outre, dans certains cas, par exemple suite à la construction d'un nouveau lotissement à la périphérie d'une commune, elles doivent créer de nouvelles infrastructures routières.

Les coûts externes d'infrastructure comprennent donc non seulement les coûts d'investissements, mais aussi les coûts d'entretien. A la différence des coûts

⁹⁹OFFICE DE CONTROLE DES ASSURANCES, 1998, *Rapport annuel 1997*.

d'investissements, les coûts d'entretien dépendent de l'intensité de l'utilisation de l'infrastructure. Parmi les coûts d'entretien, citons les remplacements de l'éclairage des voiries (qui sont des coûts quasi-fixes), ou encore les travaux de réfection (qui sont, quant à eux, variables avec l'intensité de l'utilisation du réseau de transport et les conditions météorologiques).

On peut évidemment soutenir qu'une partie des coûts d'infrastructure routière est déjà internalisée via les diverses taxes sur les véhicules et sur les carburants. Cependant, il s'avère que toutes ces recettes fiscales tombent dans un pot commun et contribuent au financement de l'ensemble des pouvoirs publics¹⁰⁰. C'est pourquoi nous n'entrons pas dans cette polémique et nous retenons à titre de coûts externes, l'ensemble des coûts liés aux infrastructures. Quoi qu'il en soit, notre objectif final est, rappelons-le, d'estimer le coût social du transport qui englobe aussi bien les coûts internes qu'externes et pour lequel les taxes et les subventions ne sont que des transferts.

Parmi les différentes voiries traversant les communes, certaines relèvent du pouvoir communal, d'autres du pouvoir régional, d'autres encore du pouvoir provincial. En Région wallonne, l'ensemble des voiries représente ainsi 76.484 km dont 68.149 km de voiries communales¹⁰¹, 7.614 de voiries régionales¹⁰² et 721 km de voiries provinciales¹⁰³. Pour obtenir une vue globale du coût des voiries, il faut dès lors tenir compte de toutes les dépenses relatives aux infrastructures en distinguant les crédits d'investissement et les crédits d'entretien, et ce, pour chaque niveau institutionnel.

Voiries communales

Dans les comptes communaux, on distingue :

- les dépenses ordinaires de voiries qui correspondent essentiellement aux crédits d'entretien (dépenses de personnel, dépenses de fonctionnement, en particulier les frais d'entretien de la voirie et des différents bâtiments, les dépenses de transfert et les intérêts des divers emprunts);
- les dépenses extraordinaires de voiries qui correspondent essentiellement aux crédits d'investissements (constructions, améliorations et acquisitions de biens).

Les données fournies par le service d'études du Crédit Communal montrent que les dépenses effectivement réalisées pour la fonction "communication"¹⁰⁴ représentent une part importante du budget communal. Pour l'exercice 1997, les dépenses ordinaires de communication pour l'ensemble des communes wallonnes¹⁰⁵ s'élèvent à BEF 15,465 milliards, ce qui représente 15,5 % des dépenses ordinaires totales de l'exercice propre. De leur côté, les dépenses extraordinaires de communication atteignent BEF 7,266 milliards, soit 23,6 % des dépenses extraordinaires totales de l'exercice propre.

¹⁰⁰THIRY (B.) & BLAUWENS (G.), 1997, *Etude préparatoire à la définition d'un plan fédéral de mobilité durable*, Université de Liège, Ciriec.

¹⁰¹FEDERATION BELGE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX DE VOIRIE, *Rapport d'activité 1998-99*.

¹⁰²MINISTERE WALLON DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, D.G.1 – Direction Générale des Autoroutes et des Routes, *Rapport annuel 1997*.

¹⁰³MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.

¹⁰⁴ Signalons que cette fonction reprend non seulement l'ensemble des dépenses de voiries (y compris celles relatives aux bâtiments affectés aux routes), mais aussi quelques postes relatifs aux cours d'eau non navigables.

¹⁰⁵ Les comptes communaux de 1997 reprennent les dépenses de 251 communes alors que la Région wallonne en comporte 262.

Il résulte des chiffres qui précèdent que, pour l'ensemble des communes wallonnes, le total des dépenses de voiries communales (ordinaires et extraordinaires) effectuées en 1997 représente un budget de BEF 22,731 milliards, ce qui correspond à une moyenne de BEF 333.555 par kilomètre de voirie.

Voiries régionales

Les individus effectuant des déplacements à longue ou moyenne distance empruntent généralement les autoroutes et les routes express (telles que les routes à quatre bandes où la vitesse autorisée est supérieure à 90 km/h). Ces routes et autoroutes relèvent précisément de la compétence régionale. En outre, le Ministère Wallon de l'Équipement et des transports (MET) gère un ensemble de voiries sur le réseau interurbain (RESI). En termes de kilomètres, ces voiries régionales sont non négligeables : 837 km pour les autoroutes et 6.777 km pour les routes, soit un total de 7.614 km.

Les crédits routiers engagés par la Région wallonne comprennent les crédits d'investissement et les crédits d'entretien¹⁰⁶.

En 1997¹⁰⁷, près de quatre milliards (BEF 3,837 milliards) ont été consacrés aux investissements. Ceux-ci correspondent à quatre grands types de travaux :

- la construction de nouvelles infrastructures : tronçons autoroutiers, routes de liaison et de contournement, parkings, ...
- l'amélioration de la sécurité routière : aménagement de ronds-points, de carrefours, de traversées d'agglomérations, ...
- la pose d'équipements routiers : panneaux de signalisation, barrières de sécurité, clôtures à gibier, ...
- l'intégration d'infrastructures routières dans leur environnement : murs antibruit, plantations, ...

Après les investissements, viennent les crédits alloués à l'entretien ordinaire du réseau (BEF 2,088 milliards). Il s'agit là des entretiens courants, effectués généralement selon une périodicité fixe. Les crédits alloués permettent, notamment, de financer les différents baux d'entretien contractés avec des sociétés privées : réparations superficielles des revêtements, renouvellement des marquages au sol, entretien des plantations, nettoyage, ... Cette somme inclut également les dépenses relatives au service d'hiver et aux fondants chimiques.

Enfin, l'entretien extraordinaire (BEF 1,549 milliard) correspond à des travaux de plus grande ampleur et réalisés en dehors de toute périodicité. Il s'agit, en fait, d'opérations complètes de revalorisation du patrimoine routier : réhabilitation de chaussées orniérées, renouvellement complet de revêtements, remplacement global de barrières de sécurité, ... Signalons que dans le tableau récapitulatif ci-dessous, l'entretien extraordinaire est ajouté aux investissements.

Le total des dépenses de voiries régionales effectuées en 1997 s'élève dès lors à BEF 7,474 milliards, soit BEF 981.700 par kilomètre de voirie.

¹⁰⁶ MINISTÈRE WALLON DE L'ÉQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, D.G.1 – Direction Générale des Autoroutes et des Routes, *Rapport annuel 1997*.

¹⁰⁷ Un examen du budget de 1998 ne révèle pas de larges différences par rapport à ce qui a été effectivement dépensé en 1997.

Voiries provinciales

Il existe, en Région wallonne, relativement peu de voiries provinciales. En effet, celles-ci ne s'étendent que sur 721 kilomètres.

Afin d'obtenir un ordre de grandeur des dépenses de voiries provinciales, nous reprenons le budget de ces dépenses pour 1999. Ces données budgétaires portent sur des prévisions et non sur des réalisations.

Le budget relatif aux dépenses ordinaires de voiries s'élève à BEF 1,278 milliard, soit 4,4 % du budget affecté aux dépenses ordinaires totales de l'exercice propre. Le budget relatif aux dépenses extraordinaires s'élève quant à lui à BEF 421 millions, soit 10,8 % du budget affecté aux dépenses extraordinaires totales de l'exercice propre.

Dès lors, le budget total (dépenses ordinaires + dépenses extraordinaires) accordé en 1999 aux voiries provinciales représente BEF 1,699 milliard, soit BEF 2,357 millions par kilomètre de voirie.

Le tableau 20 ci-dessous fournit le coût total des voiries wallonnes :

Tableau 20 : Le coût total des voiries wallonnes (en BEF)

	Km de voiries	Dépenses ordinaires	Dépenses extraordinaires	TOTAL par km de voirie
Voiries communales	68.149	15.465.053.224	7.266.367.868	333.555
Voiries régionales	7.614	2.088.280.266	5.386.385.350	981.700
Voiries provinciales	721	1.278.712.184	421.246.010	2.357.778
TOTAL	76.484	18.832.045.674	13.073.999.228	

De ce tableau, il ressort que le coût total des dépenses des voiries traversant les diverses communes de la Région wallonne s'élève à BEF 31,906 milliards. Il s'agit alors pour nous d'imputer ce coût total aux différents usagers. Idéalement, notre clé de répartition doit tenir compte de deux éléments :

- d'une part, de la consommation d'espace propre à chaque mode qui comprend non seulement la surface nécessaire à la circulation, mais aussi celle réservée au stationnement. L'espace ainsi consommé doit être pondéré par la durée durant laquelle il est utilisé. Pour l'espace nécessaire au stationnement, cette durée varie selon le motif de déplacement;
- d'autre part, de l'importance de certains types de trafic. En effet, nous savons que plus la charge par essieu est élevée, plus la pression sur le revêtement de la route est grande, ce qui diminue la durée de vie de ce revêtement et donc augmente d'autant les coûts de réfection. En d'autres termes, certaines dépenses de voiries devraient idéalement être imputées au trafic de poids lourds (bus et camions).

Afin de tenir compte de ces deux éléments dans notre affectation des coûts externes d'infrastructure, nous sommes amenés à considérer des clés de répartition différentes selon qu'il s'agit des coûts d'investissements ou des coûts d'entretien et nous reprenons de la littérature des coefficients d'équivalence entre les différentes catégories de véhicules routiers. Le total de chacun de ces coûts est alors réparti entre chaque catégorie de véhicules en fonction des kilomètres parcourus pondérés par les coefficients correspondants.

Pour les coûts d'investissements, les coefficients d'équivalence utilisés sont les suivants¹⁰⁸ : 1 pour les voitures particulières, 3 pour les bus et 3,6 pour les camions.

Pour les coûts d'entretien, nous nous référons au calcul des facteurs de dommage relatif pour différents types de véhicules effectué par la Commission européenne¹⁰⁹. Par véhicule, ce facteur varie entre 0,0001 pour la voiture particulière et 2,99 pour le train routier à 4 essieux. Tous les poids lourds n'étant pas des trains routiers à 4 essieux, nos calculs reposent sur l'hypothèse selon laquelle le facteur de dommage est de 2 pour chaque poids lourd (bus ou camion), ce qui équivaut à un facteur équivalent de 20.000 par rapport à la voiture particulière.

En appliquant ces clés de répartition aux dépenses d'infrastructure tout en tenant compte des volumes de trafic estimés respectifs, nous obtenons les résultats énoncés dans le tableau récapitulatif ci-dessous. On constate alors que la plus grande partie des coûts d'entretien (soit 97,2 %) est attribuable aux camions. Ceci s'explique bien évidemment par la clé de répartition que nous avons retenue. D'autres hypothèses auraient très certainement mené à une autre répartition des coûts d'infrastructure. Ces derniers sont donc à considérer avec réserve.

2.2.4.2. Coûts externes d'infrastructure pour le transport par rail

Sur base des données provenant de la SNCB et existant uniquement au niveau belge, les dépenses totales d'infrastructure ferroviaire s'élèvent en 1997 à BEF 53.798,2 millions¹¹⁰ et se répartissent de la manière suivante :

- BEF 24.146,5 millions pour les coûts d'investissements, dont
 - BEF 14.966,5 millions pour l'infrastructure classique (financée à concurrence de BEF 11.801,2 millions par le Ministère des Communications et de l'Infrastructure), et
 - BEF 9.180,5 millions pour le T.G.V. (financé à concurrence de BEF 1.920,1 millions par le Ministère des Communications et de l'Infrastructure).
- BEF 29.651,7 millions¹¹¹ pour les coûts d'exploitation.

¹⁰⁸ BONIVER V., 1997, *La mesure des coûts sociaux des transports*, CIRIEC, Liège, W.P. 97/05.

¹⁰⁹ COMMISSION EUROPEENNE, 1995, *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports*, COM(95) 691 final.

¹¹⁰ Précisons que ces dépenses totales sont en partie financées par le Ministère des Communications et de l'Infrastructure, le solde restant à charge de la SNCB (soit la partie interne).

¹¹¹ Faute de donnée disponible de la part de la SNCB, nous reprenons le chiffre de 1995.

Les dépenses d'infrastructure ferroviaire (hors T.G.V.) sont imputées globalement entre le trafic voyageurs et le trafic marchandises en utilisant le train-kilomètre¹¹² multiplié par un nombre moyen d'essieux par train (23 et 65 essieux respectivement pour un train de voyageurs et un train de marchandises). On obtient ainsi l'affectation suivante :

- pour le trafic voyageurs, BEF 26.677,43 millions;
- pour le trafic marchandises, BEF 17.940,77 millions.

Tableau 21 : Les coûts externes d'infrastructure en Wallonie

	Route		Rail
	Voiture particulière	Bus	
Coûts totaux			
Investissements	9.249.062.835	88.240.866	8.948.539.173*
Entretien	0	518.949.448	17.728.887.782*
(en BEF)			
Coûts moyens			
Investissements			
(en BEF par véh-km)	0,34	1,01	123,1
(en BEF par voy-km)	0,23	0,06	1,28
Entretien			
(en BEF par véh-km)	0	5,96	243,9
(en BEF par voy-km)	0	0,33	2,54

* Chiffres belges

2.3 ESTIMATION DU COUT SOCIAL GLOBAL

Pour évaluer le coût social¹¹³, il convient d'ajouter les coûts externes aux coûts internes. Toutefois, des corrections doivent au préalable être introduites pour tous les transferts entre les pouvoirs publics et le secteur des transports. Il s'agit dès lors, d'une part, de soustraire les taxes qui ne correspondent pas à des indemnités versées pour l'utilisation de ressources, et d'autre part, d'ajouter les subventions qui, au contraire, couvrent le coût d'utilisation de ressources.

Nous retirons ainsi des coûts internes financiers les taxes de mise en circulation¹¹⁴ (BEF 1.515.672.120), les taxes de circulation¹¹⁵ (BEF 8.810.396.147), les accises sur le carburant¹¹⁶ (BEF 20.578.042.112) payées par les ménages pour l'utilisation de leur voiture

¹¹² Selon le Rapport annuel 1997 publié par la SNCB, les trains voyageurs et les trains marchandises ont parcouru, en 1997, respectivement 72,7 et 17,3 millions de kilomètres. Les volumes de trafic représentent de leur côté 6,984 milliards de voyageurs-kilomètre et 7,465 milliards de tonnes-kilomètre.

¹¹³ Précisons que c'est le calcul du coût social aux coûts des facteurs, c'est-à-dire des ressources utilisées et des dommages occasionnés, que nous effectuons.

¹¹⁴ De la taxe de mise en circulation payée par les ménages et renseignée par l'Institut des Comptes Nationaux, nous avons retenu la part attribuable aux nouvelles immatriculations effectuées en 1997 en Région wallonne.

¹¹⁵ De la taxe de mise en circulation payée par les ménages et renseignée par l'Institut des Comptes Nationaux, nous avons retenu la part attribuable au parc automobile détenu par les ménages wallons.

¹¹⁶ Sur base de l'enquête sur le budget des ménages et d'après nos calculs.

particulière, et la TVA¹¹⁷ (21% pour les dépenses liées à la voiture particulière et 6% pour les services de transport public, soit un total de BEF 26.988.944.955). Par ailleurs, nous ajoutons les subventions d'exploitation pour le transport des voyageurs (c'est-à-dire BEF 5.434.695.814¹¹⁸ pour la SNCB et BEF 8.747.351.565¹¹⁹ pour le Groupe TEC et la SRWT, soit un total de 14.182.047.379).

Rapportées aux volumes de trafic, ces corrections pour impôts et subventions s'élèvent respectivement, par voy-km, à BEF -1,42 pour la voiture, BEF 5,41 pour le bus et BEF 1,8 pour le train.

Pour les coûts internes non financiers (qui représentent pour l'essentiel un coût en temps), les chiffres retenus à titre indicatif sont ceux relatifs à des déplacements domicile-travail au centre des agglomérations. Remarquons que ces données à la fois sous-estiment la réalité (car ils sont relatifs au temps à bord du véhicule uniquement¹²⁰), et la surestiment (car le temps des déplacements domicile-travail est valorisé à un taux supérieur à celui des déplacements autres que professionnels et parce que la vitesse de circulation au centre des agglomérations est inférieure à celle appliquée à la périphérie).

Le tableau 22 ci-dessous reprend les divers éléments à prendre en compte dans l'estimation du coût social du transport de personnes. Rappelons que ce coût représente l'ensemble des ressources utilisées et qu'il est supporté par l'utilisateur, par le producteur et par l'État sous la forme de subventions.

Tableau 22 : Le coût social global du transport de personnes (en BEF par voy-km)

	Route				Rail
	Voiture		Bus		
Coûts internes financiers	5,1		3,4		1,7
Corrections pour impôts et subventions	-1,42		5,41		1,8
Coûts internes non financiers	9		12,55		4,5
Coûts externes	<u>H.P.</u>	<u>H.C.</u>	<u>H.P.</u>	<u>H.C.</u>	
- congestion	p.m.		p.m.		n.p.
- pollution atmosphérique	0,67	0,62	0,28	1,22	n.p.
- pollution sonore	0,23	0,25	0,07	0,35	n.p.
- accidents	2,48		0,77		n.p.
- infrastructure	0,23		0,39		3,82
Coût social	16,29	16,26	22,87	24,09	11,82

P.M. : POUR MEMOIRE

N.P. : NON PROPOSE

¹¹⁷ Sur base de l'enquête sur le budget des ménages et d'après nos calculs.

¹¹⁸ Nous avons appliqué à la subvention d'exploitation pour le trafic de voyageurs en Belgique la part de la dépense effectuée par les ménages wallons dans la dépense totale effectuée par les ménages belges pour leurs déplacements en train.

¹¹⁹ Cette donnée nous a été communiquée par la Société Régionale Wallonne du Transport.

¹²⁰ Les temps de recherche d'une place de parking pour les déplacements en voiture particulière et les temps d'attente et de marche pour les déplacements en bus ne sont pas comptés. Or, comme nous pouvons le constater au tableau 3, ils ont une valeur horaire nettement supérieure à celle du temps à bord du véhicule.

A partir de tableau 22, nous constatons que les coûts financiers (corrigés) deviennent nettement plus élevés pour le bus, compte tenu des subventions importantes octroyées au Groupe TEC. Malgré des coûts externes du bus plus faibles que ceux de la voiture venant contrecarrer cette tendance, le coût social du bus par voyageur-kilomètre reste néanmoins plus élevé que celui de la voiture particulière (BEF 22,87 par voyageur-kilomètre en bus aux heures de pointe contre BEF 16,29 en voiture particulière, et BEF 24,09 par voyageur-kilomètre en bus aux heures creuses contre BEF 16,26 en voiture). Par ailleurs, la supériorité des coûts externes de la voiture sur ceux du bus est principalement attribuable aux accidents (BEF 2,48 par voyageur-kilomètre en voiture contre BEF 0,77 par voyageur kilomètre en bus).

Rappelons enfin que tous ces coûts ont été estimés dans le cadre d'une approche globale intégrant tous les coûts occasionnés par le transport. Nous pouvons désormais entamer l'approche marginale de ces coûts.

3. APPROCHE MARGINALE

L'approche marginale prend en compte uniquement les coûts provoqués par une unité de trafic supplémentaire. Ces coûts peuvent être internes (et donc directement supportés par l'utilisateur) ou externes (c'est-à-dire occasionnés aux tiers). Mais qu'entend-on par unité de trafic supplémentaire ?

- Pour les coûts marginaux internes, il s'agira en principe d'un usager supplémentaire qui utilise alternativement sa voiture ou le transport en commun ;
- Pour les coûts marginaux externes, une distinction est à opérer suivant le mode de transport et le moment de la journée. En effet, si dans le cas d'un véhicule privé, un usager supplémentaire (en heures de pointe ou en heures creuses) correspond généralement à un véhicule supplémentaire, il n'en va pas de même pour un déplacement en transport public. En heures creuses, le véhicule de transport public n'est pas saturé et donc l'utilisateur supplémentaire n'engendrera aucun coût externe additionnel. Par contre, en heures de pointe, lorsque le véhicule de transport public est saturé, il sera nécessaire de mettre un véhicule supplémentaire en circulation. Le coût marginal de ce dernier véhicule en heure de pointe, comme celui de la voiture, sera imputé aux différents usagers en tenant compte d'un taux moyen d'occupation.

Seuls les coûts variant avec la quantité de transport sont pris en compte dans les coûts marginaux, les coûts fixes restant de leur côté par définition inchangés.

3.1 COÛTS MARGINAUX INTERNES

Pour l'automobiliste, le coût marginal interne (financier) ne comprend que les frais variables (carburant, huile, pneus, frais de réparations et entretien, coûts du stationnement). Il diffère du coût moyen qui tient compte des frais fixes liés à l'achat du véhicule.

Nous basant sur l'enquête sur le budget des ménages 1997-1998, nous remarquons qu'un ménage wallon dépense, en moyenne, pour l'utilisation de véhicules, BEF 68.315. Sur base de cette dépense, le coût marginal interne financier est de l'ordre de BEF 4,6 par véhicule au kilomètre. En considérant un taux d'occupation moyen de 1,48 passager par véhicule, nous obtenons un coût marginal par voyageur au kilomètre de BEF 3,1.

Pour l'utilisateur du transport en commun, le coût marginal est égal au coût moyen, c'est-à-dire au prix qu'il doit payer pour pouvoir profiter du service de transport offert.

Le tableau 23 ci-dessous récapitule les coûts marginaux internes financiers :

Tableau 23 : Les coûts marginaux internes financiers du transport de personnes en Wallonie

	Route		Rail
	Voiture particulière	Bus	
Coûts totaux marginaux* (en BEF 1.000.000)	92.879	2.189	4.712
Coûts marginaux (en BEF par véh-km)	4,6	62,2*	157,5*
(en BEF par voy-km)	3,1	3,4	1,7

* chiffres mentionnés pour mémoire

Voilà pour la partie financière des coûts marginaux internes. Il convient ensuite d'ajouter la partie non financière représentée par le coût en temps. En règle générale, nous pouvons considérer que le coût marginal en temps est égal au coût moyen en temps. Cependant, si la congestion est importante (ce qui est le cas aux heures de pointe), le coût marginal en temps sera supérieur au coût moyen en temps.

3.2 COÛTS MARGINAUX EXTERNES

3.2.1 Coûts marginaux de congestion

Les coûts de congestion sont beaucoup plus pertinents dans le cadre d'une approche marginale. Les coûts marginaux de congestion représentent les coûts (en temps et en carburant) imposés aux autres usagers suite au ralentissement de la vitesse de circulation occasionné par un véhicule-kilomètre supplémentaire. Ce ralentissement de la vitesse lié à la congestion entraîne également une pollution (de l'air et du bruit) évaluée dans la section suivante.

Les coûts marginaux de congestion liés au bus et pris en compte dans notre analyse représentent les coûts supportés par les autres usagers de la route en raison du ralentissement de la vitesse de circulation occasionné par un bus-kilomètre additionnel, qui est supposé ne pas circuler sur site propre. En effet, dans le cas où le transport en commun opère en site propre, le coût marginal de congestion est très faible, voire nul s'il n'y a pas de carrefours ou de feux de signalisation. Il nous semble dès lors logique qu'un bus-kilomètre supplémentaire provoque plus de congestion qu'une voiture-kilomètre additionnelle. Mais le rapport devrait s'inverser lorsqu'on raisonne par voyageur-km puisque les bus transportent beaucoup plus de personnes que les voitures. Nous vérifions cette intuition ci-dessous.

Afin de valoriser les pertes de temps engendrées par la congestion, nous nous basons sur les valeurs du temps que nous avons calculées précédemment. Pour pouvoir appliquer ces valeurs, nous reprenons les hypothèses que nous avons déjà formulées dans l'approche globale auxquelles nous ajoutons les postulats suivants :

- Nous supposons que la congestion n'influence pas la demande des autres utilisateurs de la route. Autrement dit, c'est à court terme que nous raisonnons.
- Nous supposons que les arrêts ponctuels liés à la congestion sont pris en compte dans la vitesse moyenne de déplacement.
- Nous n'exprimons pas le débit de trafic en nombre de véhicules, mais en Equivalents Voiture Particulière (EVP) afin de tenir compte du fait que l'effet de congestion diffère selon le type de véhicule. Nous supposons l'équivalence suivante : un bus = 2 EVP.
- Pour la voiture, nous prenons en compte les taux d'occupation suivants : 1,2 pour les déplacements domicile-travail et pour les déplacements d'affaires, et 1,8 pour les autres motifs¹²¹. Ces taux d'occupation de la voiture sont supposés identiques aux heures de pointe et aux heures creuses, contrairement à ceux du bus, variant sensiblement selon le moment de la journée : nous supposons un nombre moyen d'occupants de 40 en heures de pointe et 9 en heures creuses¹²².

¹²¹ BONIVER V. et THIRY B., 1994, "Les coûts marginaux externes du transport public de personnes en milieu urbain. Estimations chiffrées pour la Belgique", in *Cahiers Economiques de Bruxelles*, n° 142 - 2ème trimestre 1994.

¹²² MAYERES I., OCHELEN S. & PROOST S., 1996, "The marginal external costs of urban transport", in *Transportation research*, vol 1, n°2, pp 111-130.

Le coût marginal externe de congestion étant la dérivée d'une fonction reliant la vitesse moyenne de circulation au trafic, nous avons recherché dans la littérature des exemples de telles fonctions pour les routes urbaines.

Appelons L , le changement enregistré dans le temps de parcours d'une automobile suite à un véhicule-kilomètre supplémentaire, et z_c et z_b la valeur du temps passé respectivement à bord d'une voiture et d'un bus. Nous supposons que la vitesse moyenne du bus correspond à 70% de celle des voitures. De ce fait, le coût marginal de congestion vaut :

$$LX_c z_c + \frac{LX_b z_b}{0,7}$$

avec X_c et X_b représentant le nombre de passagers-kilomètres effectués respectivement en automobile et en bus durant la période envisagée.

Pour déterminer L , c'est-à-dire la perte de temps suite à un véhicule-kilomètre supplémentaire, nous avons dérivé une fonction reliant la vitesse moyenne de circulation automobile V au nombre total de véhicules circulant durant la tranche horaire envisagée.

Puisque nous supposons qu'un bus équivaut à deux voitures en termes de congestion (1 bus = 2 EVP), le volume de trafic W (exprimé en EVP-kilomètres) correspond à $(Q_1+2Q_3)/4$ en heures de pointe et $(Q_2+2Q_4)/12$ en heures creuses, si Q_i représente le nombre total de kilomètres parcourus journalièrement par les véhicules du mode i ¹²³.

Sur base du recensement de la circulation¹²⁴, 6,6394 milliards de voitures-kilomètres ont été parcourus en 1997 sur les routes urbaines de la Wallonie. En supposant qu'une année contient 325 jours ouvrables équivalents et en tenant compte du fait que 29,8% du trafic s'effectuant sur la plage horaire de 6H à 22H a lieu, lors d'un jour ouvrable, pendant les quatre heures de pointe (H7), nous trouvons le nombre de kilomètres parcourus quotidiennement par les voitures, soient $Q_1=6.087.819$ et $Q_2= 14.341.104$.

Le nombre de kilomètres parcourus journalièrement par les bus dans les réseaux urbains wallons s'obtient en rapportant le nombre de kilomètres parcourus par les bus TEC en 1997¹²⁵ au nombre de jours d'exploitation¹²⁶, en tenant compte du fait que 70% du trafic du TEC s'effectue en réseau urbain¹²⁷, et en supposant, sur base d'un examen de l'horaire de quelques lignes, que 30% des services se font durant les heures de pointe et 70% durant les heures creuses. Nous obtenons $Q_3=50.798$ et $Q_4=118.530$.

Des diverses valeurs des Q_i , nous pouvons déduire les volumes de trafic suivants : $W=1.547.353,75$ en heures de pointe et $1.214.847$ en heures creuses.

Nous supposons une vitesse maximale de 70 km/h et des vitesses moyennes de 30 km/h en heures de pointe et de 50km/h en heures creuses¹²⁸.

¹²³ Q_1 et Q_2 représentent le nombre total de kilomètres parcourus quotidiennement par les voitures, respectivement aux heures de pointe et aux heures creuses. Parallèlement, Q_3 et Q_4 représentent le nombre total de kilomètres parcourus quotidiennement par les bus, respectivement aux heures de pointe et aux heures creuses.

¹²⁴ MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.

¹²⁵ 87.083.078 kilomètres, selon le Rapport annuel du groupe TEC de 1997.

¹²⁶ 360 jours, selon le Rapport annuel du TEC Liège-Verviers.

¹²⁷ Hypothèse partagée avec le TEC.

¹²⁸ HAMENDE G., 1995, *Application d'un modèle de tarification optimale des transports urbains*, CIRIEC, Liège, W.P. 95/04.

Nous avons alors estimé, sur base de ces hypothèses de vitesses et de ces observations, les coefficients a, b, et c d'une fonction quadratique de type $t = aW^2 + bW + c$, en résolvant un système de trois équations à trois inconnues.

Cette fonction¹²⁹, sur laquelle se basent nos résultats, se présente comme suit :

$$t = 1/V = 0,0229 W^2 - 0,0231 W + 0,0143$$

La dérivée première $\delta t/\delta Q_i$ exprime le changement enregistré dans le temps total de parcours suite à un véhicule-kilomètre supplémentaire i.

Le tableau 24 ci-dessous nous donne la valorisation monétaire du coût marginal externe de congestion (en temps) sur routes urbaines :

Tableau 24 : Les coûts marginaux de congestion (en temps)

	ROUTES URBAINES			
	HEURES DE POINTE		HEURES CREUSES	
W INITIAL (VEH-KM)	1.547.353,75		1.214.847	
W FINAL (VÉH-KM)	1.547.354		1.214.847,083	
TEMPS INITIAL	0,0333856814479345		0,0200340733450661	
TEMPS FINAL	0,0333856933901364		0,0200340760567323	
PERTE DE TEMPS	0,0000000119422011852411		0,0000000027116662144888	
	VOITURE	BUS	VOITURE	BUS
VALEURS DU TEMPS ¹³⁰	295	207	339	190
VOY-KM/H	2.118.561	507.980	1.792.638	88.898
COÛT MARGINAL (EN BEF PAR VEH-KM)	9,26	18,51	1,71	3,43
COÛT MARGINAL (EN BEF PAR VOY-KM)	6,65	0,46	1,14	0,38

A partir de ce tableau, nous observons que notre intuition de départ est vérifiée : un bus-kilomètre supplémentaire provoque plus de congestion qu'une voiture-kilomètre additionnelle, mais le rapport s'inverse lorsque nous raisonnons en voyageurs-kilomètres puisque les bus transportent beaucoup plus de personnes que les voitures.

La seconde composante des coûts marginaux de congestion est relative à la surconsommation de carburant imposée aux autres usagers suite au ralentissement de la vitesse de

¹²⁹ Obtenue avec le programme Excel.

¹³⁰ Il s'agit de moyennes pondérées des valeurs du temps que nous avons calculées pour les différents motifs de déplacement, les facteurs de pondération étant les proportions des déplacements effectués aux heures de pointe ou aux heures creuses pour chaque motif.

circulation occasionné par un véhicule-kilomètre supplémentaire. Dès lors, il s'agit pour nous de quantifier l'augmentation de la consommation de carburant suite à la réduction de la vitesse dans les zones urbaines congestionnées.

Nous reprenons notre relation entre consommation de carburant C (ici exprimée en l/EVP-km) et vitesse moyenne V pour la voiture que nous avons déjà exploitée dans le cadre de l'approche globale¹³¹ :

$$C=(0,085+1,44/V)$$

Pour connaître la variation de la consommation de carburant due à un véhicule-kilomètre supplémentaire, il suffit de prendre la dérivée première $\delta C/\delta V$ de cette fonction.

Le tableau 25 ci-dessous nous donne les coûts marginaux de congestion en carburant. Nous remarquons que ces coûts sont très faibles. C'est pourquoi certains économistes ne tiennent compte, dans leurs calculs des coûts marginaux de congestion, que des pertes de temps occasionnées par un véhicule-kilomètre additionnel.

Tableau 25 : Les coûts marginaux de congestion (en carburant) (en BEF par véh-km)

ROUTES URBAINES			
HEURES DE POINTE		HEURES CREUSES	
VOITURE	BUS	VOITURE	BUS
0,27	0,55	0,05	0,1

3.2.2 Coûts marginaux d'environnement

3.2.2.1 Pollution atmosphérique

Le coût marginal de pollution atmosphérique correspond à l'impact d'un véhicule-km supplémentaire sur le niveau de pollution dû au trafic routier¹³².

En termes de pollution atmosphérique, un véhicule additionnel entraîne deux effets :

- un premier effet direct qui correspond aux émissions de ce véhicule supplémentaire qu'il convient de valoriser;
- un second effet indirect lié à la congestion qui correspond à l'impact sur le volume des émissions des autres véhicules suite au ralentissement de leur vitesse de circulation.

Nous reprenons ici les vitesses et les volumes de trafic (exprimés en EVP-kilomètres) tels que nous les avons estimés dans le cadre de l'approche marginale des coûts de congestion sur routes urbaines afin de pouvoir les appliquer aux fonctions du logiciel COPERT du groupe de travail CORINAIR reliant la vitesse aux émissions unitaires des polluants atmosphériques. Précisons que ces fonctions existent uniquement pour les polluants

¹³¹ MINISTERE WALLON DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, 1994, *Maîtriser la mobilité. Planification intégrée*, Les cahiers du MET, Collection Trafics.

¹³² Précisons d'emblée que seuls les impacts du véhicule-km supplémentaire sur les émissions des voitures et des bus dans le trafic est évalué dans cette section et ce, dans un souci de cohérence avec l'approche marginale des autres coûts.

classiques tels que le monoxyde de carbone CO, les particules PM₁₀, les composés organiques volatiles COV et les oxydes d'azote NO_x. Le logiciel fournit également des fonctions reliant la vitesse à la consommation d'essence à partir desquelles nous pouvons dériver les surémissions du dioxyde de soufre SO₂ et du dioxyde de carbone CO₂ dues à un véhicule-km supplémentaire. Ce sont donc les mêmes polluants que dans l'approche globale qui sont appréhendés, à l'exception des principaux polluants relatifs à l'effet de serre que sont le protoxyde d'azote N₂O et le méthane CH₄.

Le tableau 26 ci-dessous fournit nos estimations des coûts marginaux externes de pollution atmosphérique. Signalons que pour les voitures, seules les surémissions à chaud et à froid sont évaluées (autrement dit, nous ne tenons pas compte des émissions par évaporation), alors que pour les bus, notre hypothèse selon laquelle la part des déplacements à froid dans le total des déplacements effectués est nulle est maintenue.

Tableau 26 : Les coûts marginaux de pollution atmosphérique

	Heure de pointe		Heure creuse	
	Voiture	Bus	Voiture	Bus
Coût marginal (en BEF par véh-km)	0,19	0,38	0,07	0,14
Coût marginal (en BEF par voy-km)	0,14	0,01	0,05	0,015

3.2.2.2 Pollution sonore

Le coût marginal du bruit correspond à l'effet d'un véhicule additionnel sur le niveau sonore qu'il convient de valoriser.

Pour ce faire, nous reprenons les mêmes fonctions de simulation du bruit pour chaque type de routes déjà présentées dans le cadre l'approche globale. Partant des intensités de trafic horaire estimées, nous mesurons l'impact d'un EVP-kilomètre supplémentaire sur le niveau sonore que nous valorisons. L'annexe VI fournit le détail des calculs des coûts marginaux externes de la pollution sonore et ce, sur chaque type de route. Nous reprenons les résultats dans le tableau 27 qui suit. On remarque ainsi, par exemple, qu'un véhicule-kilomètre supplémentaire effectué aux heures creuses engendre un coût du bruit supérieur à celui en heure de pointe. Ceci s'explique par le fait que l'impact d'un véhicule-kilomètre supplémentaire sur le niveau sonore est beaucoup plus perceptible durant les heures creuses puisque le trafic, et donc le niveau sonore, est moins important durant cette période de la journée.

Tableau 27 : Les coûts marginaux de pollution sonore, selon le type de route

	Coût marginal (en BEF par voit-km)	Coût marginal (en BEF par voy-km)	Coût marginal (en BEF par bus-km)	Coût marginal (en BEF par voy-km)
Autoroutes				
HP	0,0018	0,0013	0,0072	0,0002
HC	0,0023	0,0015	0,0091	0,0010
Autres routes numérotées				
HP	0,0585	0,0421	0,5854	0,0146
HC	0,0745	0,0497	0,7450	0,0828
Routes communales				
HP	1,6652	1,1963	16,6522	0,4163
HC	2,1354	1,4236	21,3543	2,3727

Nous pouvons dès lors estimer un coût marginal de pollution sonore, tous types de routes confondus, en pondérant les montants énoncés ci-dessus par les EVP-kilomètres associés à chaque type de route, et ce, en distinguant les heures de pointe et les heures creuses :

Tableau 28 : Les coûts marginaux de pollution sonore

	HEURES DE POINTE		HEURES CREUSES	
	VOITURE	BUS	VOITURE	BUS
(EN BEF PAR VEH-KM)	0,4256	3,5871	0,5455	4,5976
(EN BEF PAR VOY-KM)	0,3058	0,0897	0,3637	0,5108

3.2.3 Coûts marginaux d'accidents

Il s'agit de tous les coûts non internalisés associés au risque d'être tué ou blessé dans un accident provoqué par un véhicule-kilomètre supplémentaire.

Trois externalités doivent être distinguées selon que le risque d'accident concerne le conducteur ou un passager du véhicule supplémentaire, les conducteurs ou les passagers d'autres véhicules motorisés, les cyclistes ou les piétons.

Calculer le coût marginal externe des accidents pour un mode de transport particulier¹³³ revient à dériver une fonction reliant le coût total externe (CTE) des accidents en Wallonie au nombre de véhicules-kilomètres parcourus par ce mode de transport. Cette fonction peut être écrite comme suit¹³⁴ :

¹³³ Ici, nous envisageons les cas de la voiture et du bus.

¹³⁴ Dans le cadre de cette section, nous nous inspirons de la méthodologie de I. MAYERES (1996). Des modifications y ont été apportées afin de tenir compte des spécificités du cas qui nous concerne.

$$CTE = \sum_{i=1}^4 \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \sum_{j=1}^5 r_{ij}^n X_i, \text{ où :}$$

- les indices i et j représentent les modes de transport, à savoir la voiture ($i,j=1$), le bus ($i,j=2$), les autres catégories de véhicules motorisés ($i,j=3$) et les modes de transport non motorisés¹³⁵ ($i,j=4$). De plus, j ($j=5$) comprend les objets externes tels que les arbres, les murs, ...
- l'indice n indique la gravité de l'accident. Quatre types d'accidents sont envisagés : les accidents mortels ($n=1$), les accidents comportant des blessés graves ($n=2$), les accidents avec blessés légers ($n=3$) et les accidents n'ayant eu pour conséquence que des dégâts matériels ($n=4$);
- X_i est le nombre de véhicules-kilomètres parcourus par chaque mode i sur l'ensemble du réseau des routes wallonnes;
- r_{ij}^n est la probabilité qu'un accident de gravité n ait lieu entre les modes i et j dans lequel i est la victime. $r_{ij}^n = \frac{A_{ij}^n}{X_i}$, où $A_{ij}^n = A_{ij}^n(X_i, X_j), \forall i, j$. A_{ij}^n est le nombre d'accidents entre les modes i et j dans lesquels i est la victime. A_{ij}^n est supposé ne pas dépendre du nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les modes de transport autres que i et j ;
- a^n est la perte de production brute des accidents de la route pour chaque accident de type n . Nous l'avons estimée pour 1997 de la manière suivante¹³⁶ : BEF 21.301.035 pour un décédé, BEF 2.310.185 pour un blessé grave et BEF 50.034 pour un blessé léger;
- b^n correspond à la valeur nette de la vie humaine pour chaque type de victime d'un accident de la route. Celle-ci est estimée à BEF 104.548.499 par décédé¹³⁷, BEF 11.226.340 par blessé grave et BEF 227.503 par blessé léger;
- c^n est la somme des dépenses de police de la route et des services de secours. Cette somme est de BEF 23.059 pour un décédé ou un blessé grave, BEF 12.390 pour un blessé léger et BEF 6.160¹³⁸ pour un accident n'ayant occasionné que des dégâts matériels.

Pour la voiture, le coût marginal externe (CmE) des accidents s'obtient en effectuant la dérivée première $\delta CTE / \delta X_1$. Celle-ci équivaut à :

$$\begin{aligned} \text{CmE} &= \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \sum_{j=1}^5 r_{1j}^n + \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \sum_{j=1}^5 \frac{\delta r_{1j}^n}{\delta X_1} X_1 + \sum_{i \neq 1}^4 \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \frac{\delta r_{i1}^n}{\delta X_1} X_i \\ &= \alpha + \beta + \lambda \end{aligned}$$

¹³⁵ C'est-à-dire les piétons et les cyclistes.

¹³⁶ Les chiffres qui suivent correspondent à une moyenne pondérée des pertes de production brutes calculées (pour les hommes et pour les femmes) dans le cadre de l'approche globale, les facteurs de pondération étant les nombres de victimes hommes/femmes en Belgique, en 1997.

INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Rapport annuel 1997*.

¹³⁷ Il s'agit d'une moyenne pondérée des valeurs nettes de la vie humaine des hommes et des femmes que nous avons calculées dans l'approche globale, les facteurs de pondération étant les nombres de décédés hommes et femmes en Belgique en 1997.

INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Rapport annuel 1997*.

¹³⁸ Ce montant est évidemment uniquement relatif aux frais de la police de la route.

Le premier terme α est relatif aux coûts du risque que les occupants de la voiture supplémentaire soient impliqués eux-mêmes dans un accident. Le second terme β et le troisième terme λ correspondent aux coûts du risque d'accident accru pour les autres automobilistes et les autres utilisateurs de la route, en raison d'une voiture-kilomètre supplémentaire. Une fonction similaire peut être obtenue aisément pour le bus.

Afin de simplifier la formulation de la fonction CmE, il convient de nous interroger sur la relation entre le volume de trafic et le nombre d'accidents.

D'une part, le second terme β peut être réécrit de la manière suivante :

$$\beta = \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \sum_{j=1}^5 \varepsilon_{(1,j),1}^n r_{1j}^n$$

dans lequel $\varepsilon_{(1,j),1}^n$ est l'élasticité entre le nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les voitures et le risque d'accident de gravité n entre une voiture et un mode j et dans lequel les occupants de la voiture sont les victimes. La valeur de cette élasticité dépend de la relation entre le nombre d'accidents et le flux de trafic. Dans la littérature, les avis sont partagés. Toutefois, pour les accidents entre deux usagers de la route motorisés, l'hypothèse selon laquelle le nombre d'accidents est proportionnel au volume de trafic (de telle sorte que ces élasticités sont égales à zéro¹³⁹) est globalement acceptée par une série d'auteurs¹⁴⁰.

D'autre part, le troisième terme λ peut être réécrit comme suit :

$$\lambda = \sum_{i \neq 1}^4 \sum_{n=1}^4 (a^n + b^n + c^n) \varepsilon_{(i,1),1}^n r_{i1}^n \frac{X_i}{X_1}$$

dans lequel $\varepsilon_{(i,1),1}^n$ est l'élasticité entre le nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les voitures et le risque d'accident entre le mode i et la voiture dans lesquels les utilisateurs du mode i sont les victimes (avec $i \neq 1$). Si le nombre de ces accidents est proportionnel au nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les voitures, ces élasticités sont égales à un¹⁴¹. Nous supposons que c'est le cas pour tous les modes, sauf ceux non motorisés. Pour les accidents entre une voiture et un cycliste/piéton dans lesquels ce cycliste/piéton est la victime, nous supposons une élasticité de 0,5 conformément à JANSSEN (1994)¹⁴².

Nos estimations des risques d'accident sont exposées à l'annexe VIII, selon qu'il s'agit d'une voiture-kilomètre ou d'un bus-kilomètre supplémentaire. Les annexes IX et X fournissent quant à elles, sur base de ces risques d'accident, les détails du calcul des coûts marginaux externes des accidents relatifs à une voiture-kilomètre et un bus-kilomètre supplémentaire. Le tableau 29 qui suit reprend les résultats obtenus :

¹³⁹ Nous donnons le développement mathématique de cette affirmation à l'annexe VII.

¹⁴⁰ Citons notamment VITALIANO & HELD (1991), JONES-LEE (1990), The Department of Transport (1996) et US Federal Highway Administration (1982). Signalons toutefois que DICKERSON & al. (1997) remettent partiellement en cause cette hypothèse de relation proportionnelle entre le nombre d'accidents et le flux de trafic.

¹⁴¹ En effet, voir raisonnement mathématique à l'annexe VII.

¹⁴² JANSSEN (J.O.), 1994, "Accident Externality Charges", in *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 31-43.

Tableau 29 : Les coûts marginaux externes des accidents en Wallonie

	Voiture particulière	Bus
(en BEF par véh-km)	3,87	20,17
(en BEF par voy-km)	2,62	1,1

3.2.4 Coûts marginaux d'infrastructure

3.2.4.1 Coût marginal d'infrastructure pour le transport routier

Les coûts marginaux d'infrastructure correspondent aux coûts additionnels d'entretien suite à l'usure de revêtement routier provoqué par un véhicule supplémentaire. Nous avons vu précédemment que ces dépenses sont en grande partie imputables aux poids lourds car elles dépendent de la masse par essieu. En nous basant sur les coûts d'entretien d'infrastructure, (supposés varier avec le trafic), nos calculs d'imputation¹⁴³ permettent d'estimer les coûts marginaux de la manière exposée dans le tableau 30 ci-dessous.

3.2.4.2 Coût marginal d'infrastructure pour le transport par rail

Si nous retenons les seuls coûts d'exploitation des dépenses totales d'infrastructure pour estimer le coût marginal d'infrastructure du rail, nous obtenons l'affectation telle qu'elle apparaît dans le tableau 30 qui suit :

Tableau 30 : Les coûts marginaux externes d'infrastructure en Wallonie

	Route		Rail
	Voiture particulière	Bus	
(en BEF par véh-km)	0	5,96	243,9
(en BEF par voy-km)	0	0,33	2,54

3.3 ESTIMATION DU COUT SOCIAL MARGINAL

Comme précédemment pour l'estimation du coût social global, nous devons déduire des coûts marginaux internes toutes les taxes qui ne correspondent pas à des indemnités versées pour l'utilisation des ressources. Ainsi, nous déduisons les taxes de circulation (BEF 8.810.396.147), les accises sur le carburant (BEF 20.578.042.112) et la TVA payée par les ménages pour l'utilisation de leur voiture particulière, des bus et des trains (BEF 16.510.118.509). Le montant de la TVA déduit ici est évidemment inférieur à celui déduit dans l'approche globale, la TVA sur l'achat de véhicules n'ayant pas été prise en compte dans les coûts marginaux internes financiers. Par ailleurs, nous ne déduisons pas les taxes de mise en circulation puisqu'elles font partie des coûts fixes et n'ont donc pas été comptées dans les coûts marginaux internes financiers.

Ensuite, il convient d'ajouter les transferts couvrant le coût de l'utilisation des ressources, en l'occurrence les subventions d'exploitation des sociétés de transport public (BEF

¹⁴³ Ces calculs ont été exposés dans l'approche globale.

8.747.351.565 pour le TEC et BEF 5.434.695.814 pour la SNCB, soit un total de BEF 14.182.047.379).

Rapportées aux volumes de trafic, ces corrections pour impôts et subventions s'élèvent respectivement, par voy-km, à BEF -1,12 pour la voiture, BEF 5,41 pour le bus et BEF 1,8 pour le train.

Le tableau 31 ci-dessous fournit le détail du calcul du coût social marginal des transports de personnes en Région wallonne. Rappelons qu'aux heures creuses, les bus ne sont, par définition, pas saturés. Dès lors, un usager supplémentaire aux heures creuses ne devrait (en théorie) provoquer aucun coût externe additionnel puisqu'il ne sera pas nécessaire de mettre un véhicule supplémentaire en circulation¹⁴⁴. De même, aux heures creuses, nous pourrions considérer que le voyageur supplémentaire s'intègre dans le réseau existant, si bien que le coût social marginal d'un voyageur-kilomètre supplémentaire n'intègre pas la correction pour subventions. Nous avons néanmoins décidé d'imputer les coûts marginaux externes d'un véhicule-kilomètre supplémentaire entre les divers usagers sur base du taux moyen d'occupation du bus aux heures creuses.

Précisons par ailleurs que ce tableau 31 est incomplet car seuls les coûts sociaux marginaux du transport routier ont pu être estimés entièrement.

Tableau 31 : Le coût social marginal du transport de personnes (en BEF par voy-km)

	Route				Rail
	Voiture		Bus		
Coûts marginaux internes financiers	3,1		3,4		1,7
Corrections pour impôts et subventions	-1,12		5,41		1,8
Coûts marginaux externes	<u>H.P.</u>	<u>H.C.</u>	<u>H.P.</u>	<u>H.C.</u>	
- congestion	6,84	1,81	0,47	0,39	n.p.
- pollution atmosphérique	0,14	0,05	0,01	0,015	n.p.
- pollution sonore	0,31	0,36	0,09	0,51	n.p.
- accidents	2,62	2,62	1,1	1,1	n.p.
- infrastructure	0	0	0,33	0,33	2,54
<i>Sous-total coûts marginaux externes</i>	<i>9,91</i>	<i>4,84</i>	<i>2</i>	<i>2,354</i>	<i>2,54</i>
Coût social marginal*	11,9	6,82	10,81	11,15	6,04

N.P. : NON PROPOSE

* COUT EN TEMPS NON COMPRIS

Contrairement à ce que nous pouvions imaginer, nous observons que l'utilisateur du bus paie plus cher que celui qui utilise sa voiture, si nous tenons compte de son coût marginal privé

¹⁴⁴ En fait, ce voyageur-kilomètre supplémentaire fait perdre du temps aux autres usagers dans la mesure où le bus a du s'arrêter pour lui. Ce coût en temps a déjà été internalisé.

(BEF 3,4 contre BEF 3,1 par voy-km). De son côté, l'usager du train supporte un coût plus faible pour ses déplacements (BEF 1,7 par voy-km). Nous constatons en outre que les coûts marginaux internes financiers corrigés du bus augmentent fortement en raison des importantes subventions octroyées au TEC. Par ailleurs, au niveau de la voiture, nous observons un écart important du coût marginal social selon la période de la journée (BEF 11,9 par voyageur-kilomètre supplémentaire aux heures de pointe contre BEF 6,82 aux heures creuses). Les raisons de cet écart sont à chercher du côté de la congestion. Le tableau 31 ci-dessus révèle enfin que le coût marginal social d'un usager du bus aux heures creuses est supérieur à celui aux heures de pointe en raison du coût élevé de la pollution sonore aux heures creuses.

4. CONCLUSION

Le secteur des transports est un secteur vital pour l'économie et est omniprésent dans notre société, tant au plan collectif qu'individuel. Il engendre néanmoins une série d'effets négatifs particulièrement visibles en matière d'environnement, de sécurité, de viabilité des villes.

Suite à la décentralisation de la population (et des activités économiques) vers les périphéries, les déplacements se multiplient, et cela coûte cher, pour la collectivité comme pour les individus. Ainsi, le trafic routier en Belgique a augmenté d'environ 33% en l'espace de dix ans. La plus forte croissance a été enregistrée sur le réseau routier wallon (37%), le nombre de véhicules-kilomètres passant de 24,6 milliards en 1988 à 33,7 milliards dix années plus tard. La demande de mobilité ne cessera de croître au cours des années à venir, et se portera davantage sur le trafic routier, amplifiant les effets négatifs cités ci-dessus.

Les autorités ont la possibilité d'influencer d'une manière ou d'une autre les choix modaux et les distances parcourues. Mais pour ce faire, elles doivent disposer, au préalable, d'une bonne connaissance de l'ensemble des coûts liés à la mobilité. Notre note avait précisément pour objectif d'obtenir une série de coûts de référence pour le transport de personnes en Wallonie. Ceux-ci pourront être utilisés dans le cadre d'une prochaine étude sur les surcoûts entraînés par la problématique de la désurbanisation. Il s'agira alors de comparer les coûts de transport entre divers scénarios, les uns urbanisés, les autres non urbanisés.

Nos divers calculs effectués dans ce rapport tendent à montrer que les usagers du bus paient plus cher que les automobilistes pour effectuer un kilomètre. Et c'est parce que ces automobilistes ne tiennent compte, dans leurs décisions de déplacement, que de leurs coûts privés, que nous constatons un recours accru, voire démesuré, à la voiture particulière, avec tous les effets externes qu'il s'ensuit.

Ce recours accru à l'automobile, s'il correspond à nos besoins et à nos aspirations, génère l'exclusion des personnes sans voiture vivant en milieu rural, et renforce de ce fait l'isolement de certaines régions périphériques dans la mesure où il n'est pas possible d'assurer à tous des services de transports publics.

Les solutions sont à chercher aux niveaux de la tarification et de l'aménagement du territoire. En effet, d'une part, l'augmentation du coût d'utilisation de la voiture au niveau de son coût marginal social permettrait de réorienter les voyageurs vers les transports publics. D'autre part, la politique d'aménagement du territoire, en fixant les différentes zones d'origine et de destination, permettrait de changer dans un sens ou dans un autre les besoins de mobilité et de modifier ainsi la fréquence, la longueur et le mode des déplacements. Dès lors, il est important que les autorités publiques influençant directement le lieu d'habitat d'une partie de la population (en accordant par exemple des permis de bâtir pour de futurs lotissements) ou la localisation de certaines entreprises (notamment par la création de zonings industriels et commerciaux) tiennent compte, au préalable, du coût réel de la mobilité que leurs décisions impliquent.

Si l'on veut résoudre les problèmes de congestion de la circulation, d'accroissement de la consommation de carburant, d'accidents et de dommages à l'environnement, il ne suffit pas d'élaborer et d'appliquer séparément des politiques de transport et d'aménagement du territoire. Ce qu'il faut, c'est une combinaison de mesures judicieusement choisies, se renforçant l'une l'autre, et évitant les effets secondaires négatifs. Ainsi, la combinaison de mesures de restriction de la circulation et de mesures visant à améliorer les transports publics accroît l'efficacité de ces améliorations, ce qui rend l'impact sur les automobilistes plus acceptable par ces derniers. De même, lorsque les mesures qui accroissent le coût des

déplacements en voiture sont combinées à des politiques d'utilisation du sol qui rapprochent les uns des autres le domicile, les emplois et les autres activités, elles favorisent la fréquentation des équipements et services locaux et permettent à ceux qui ont renoncé à la voiture de trouver plus aisément d'autres moyens de transports acceptables.

5. ANNEXES

ANNEXE I

Tableau I : Proportion des déplacements effectués aux heures de pointe et aux heures creuses pour chaque motif

	Domicile-travail		Affaires		Autres	
	H. de pointe	H. creuses	H. de pointe	H. creuses	H. de pointe	H. creuses
Voiture	60%	33%	8%	17%	32%	50%
Bus	49%	31%	1%	1%	50%	68%

SOURCE : BONIVER V. ET THIRY B., 1994, "LES COÛTS MARGINAUX EXTERNES DU TRANSPORT PUBLIC DE PERSONNES EN MILIEU URBAIN. ESTIMATIONS CHIFFREES POUR LA BELGIQUE", IN *CAHIERS ÉCONOMIQUES DE BRUXELLES*, N°142 – 2^{EME} TRIMESTRE 1994.

ANNEXE II : La pollution atmosphérique**Tableau ii : Calcul des émissions horaires sur l'ensemble des routes (en g par heure de pointe)**

Cat	CO		TOTAL		NOx		TOTAL		COVM		TOTAL		CH4		TOTAL		CH4		N2O		TOTAL		PM10		TOTAL		TOTAL		TOTAL						
	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid	à chaud	à froid					
A1	404.714	758.067	1.162.780		2.024	18.293	20.316		242.838	78.876	321.704		4.047	2.980	7.027		4.047	2.980	7.027		40	659	699		0	0	0		0	0	0	0	878		6.921.130
A2	453.892	340.581	794.473		6.808	8.218	15.027		68.084	35.437	103.521		4.539	1.339	5.878		4.539	1.339	5.878		45	296	341		0	0	0		0	0	0	608		4.806.167	
A	858.606	1.098.648	1.957.254		8.832	26.511	35.343		310.912	114.312	425.224		8.586	4.318	12.904		8.586	4.318	12.904		86	954	1.040		0	0	0		0	0	1.486		11.727.297		
B1.1	1.794.707	4.448.572	6.243.279		811.041	211.927	1.022.968		159.610	602.044	761.654		0	0	0		0	0	0		101.394	29.517	130.911		0	0	0		0	0	0	56.544		449.720.644	
B1.2	46.649.022	21.813.373	68.462.395		4.019.472	520.227	4.539.699		4.629.047	2.263.213	6.892.260		25.4839	86.253	341.092		25.4839	86.253	341.092		64.090	19.122	83.212		0	0	0		0	0	0	66.165		523.626.907	
B1	48.443.729	26.261.945	74.705.674		4.830.513	732.154	5.562.667		4.788.657	2.865.257	7.653.914		25.4.839	86.253	341.092		25.4.839	86.253	341.092		165.484	48.639	214.123		0	0	0		0	0	0	122.710		973.347.551	
B2	1.570.178	635.727	2.205.905		1.392.067	362.232	1.754.300		302.446	136.310	438.756		29.580	10.613	40.193		29.580	10.613	40.193		54.934	18.070	73.005		0	0	0		0	0	0	94.051		421.421.104	
B3	177.991	57.231	235.222		61.167	11.929	73.096		26.842	13.888	40.699		1.047	500	1.548		1.047	500	1.548		0	0	0		0	0	0		0	0	0	0	5.731.982		
Voit.	50.191.898	26.954.903	77.146.801		6.283.747	1.106.316	7.390.063		5.117.945	3.015.424	8.133.369		285.467	97.366	382.833		285.467	97.366	382.833		220.418	66.709	287.128		0	0	0		0	0	0	357.732		1.400.500.638	
B4.1	1.777.228	1.519.493	3.296.721		212.283	51.776	264.059		174.433	120.916	295.349		4.074	2.789	6.863		4.074	2.789	6.863		424	99	523		0	0	0		0	0	0	3.287		26.023.959	
B4.2	210.729	97.860	308.589		281.321	80.841	362.162		66.109	45.795	111.904		1.033	533	1.566		1.033	533	1.566		3.512	824	4.336		0	0	0		0	0	0	70.275		68.608.454	
B4	1.987.958	1.617.353	3.605.310		493.604	132.617	626.221		240.542	166.711	407.254		5.107	3.322	8.429		5.107	3.322	8.429		935	923	1.858		0	0	0		0	0	0	15.312		88.608.454	
B	52.179.856	28.572.256	80.752.111		6.777.350	1.238.933	8.016.284		5.358.487	3.182.135	8.540.622		290.574	100.689	391.262		290.574	100.689	391.262		224.354	67.632	291.986		0	0	0		0	0	0	235.360		1.495.133.050	
C1.1	747.196	0	747.196		86.307	0	86.307		67.997	0	67.997		1.360	0	1.360		1.360	0	1.360		76	0	76		0	0	0		0	0	0	976		7.735.159	
C1.2	2.144.750	0	2.144.750		1.699.628	0	1.699.628		277.678	0	277.678		8.615	0	8.615		8.615	0	8.615		6.941	0	6.941		0	0	0		0	0	0	32.974		147.687.909	
C1	2.891.946	0	2.891.946		1.785.935	0	1.785.935		345.675	0	345.675		9.975	0	9.975		9.975	0	9.975		7.018	0	7.018		0	0	0		0	0	0	33.950		155.423.068	
C2	2.074.497	0	2.074.497		5.238.176	0	5.238.176		920.994	0	920.994		28.139	0	28.139		28.139	0	28.139		11.215	0	11.215		0	0	0		0	0	0	80.877		362.333.416	
C	4.966.443	0	4.966.443		7.024.111	0	7.024.111		1.266.668	0	1.266.668		38.114	0	38.114		38.114	0	38.114		18.233	0	18.233		0	0	0		0	0	0	676.855		517.756.484	
D	537.845	0	537.845		1.103.381	0	1.103.381		188.511	0	188.511		6.687	0	6.687		6.687	0	6.687		1.975	0	1.975		0	0	0		0	0	0	77.673		61.809.470	
			88.213.652				16.179.119				10.421.027				448.968				448.968				313.234								1.182.535		365.472		2.086.426.301

Tableau Iii : Calcul des émissions horaires sur l'ensemble des routes (en g par heure creuse)

Cat.	CO		TOTAL CO	NOx		TOTAL NOx	COVNM		TOTAL COVNM	CH4		TOTAL CH4	N2O		TOTAL N2O	PM10		TOTAL PM10	TOTAL SO2	TOTAL CO2
	à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid			
A1	317.795	556.095	873.890	1.589	16.798	18.387	190.677	73.115	263.792	3.178	1.861	5.039	32	361	393	0	0	0	590	4.646.082
A2	356.412	249.840	606.252	5.346	7.547	12.893	53.462	32.849	86.311	3.564	836	4.400	36	162	198	0	0	0	433	3.419.657
A	674.207	805.935	1.480.142	6.935	24.345	31.280	244.139	105.964	350.103	6.742	2.696	9.439	67	524	591	0	0	0	1.023	8.065.740
B1.1	1.085.749	3.022.144	4.107.893	669.980	170.211	840.191	99.655	467.903	567.558	0	0	0	59.334	19.759	79.093	0	0	0	37.122	295.244.560
B1.2	34.647.438	15.966.403	50.613.841	3.372.834	480.716	3.853.551	4.605.368	2.108.894	6.714.262	165.330	53.512	218.841	39.038	10.389	49.427	0	0	0	45.608	360.673.122
B1	35.733.187	18.988.547	54.721.734	4.042.814	650.927	4.693.741	4.705.023	2.576.797	7.281.820	165.330	53.512	218.841	98.372	30.148	128.520	0	0	0	82.730	655.917.682
B2	951.238	339.500	1.290.737	927.436	230.639	1.158.075	183.903	73.850	257.753	14.653	5.389	20.042	27.825	8.187	36.012	200.694	47.071	247.765	70.201	314.576.983
B3	139.765	44.940	184.705	48.030	9.367	57.398	21.077	10.881	31.958	822	393	1.215	0	0	0	0	0	0	4.500.952	
Voit.	36.824.190	19.372.986	56.197.176	5.018.280	890.934	5.909.214	4.910.004	2.661.528	7.571.532	180.806	59.293	240.099	126.197	38.335	164.532	200.694	47.071	247.765	152.932	974.995.618
B4.1	1.395.542	1.193.159	2.588.700	166.692	40.656	207.348	136.971	94.948	231.919	3.199	2.190	5.389	333	78	411	0	0	0	2.581	20.434.921
B4.2	1.65.472	76.843	242.315	220.903	63.479	284.382	51.911	35.960	87.871	811	418	1.230	2.758	647	3.404	35.212	19.971	55.183	12.024	53.873.752
B4	1.561.014	1.270.002	2.831.015	387.595	104.136	491.731	188.882	130.907	319.790	4.010	2.609	6.619	3.090	725	3.815	35.212	19.971	55.183	14.605	74.308.673
B	38.385.203	20.642.988	59.028.191	5.405.875	995.070	6.400.945	5.098.886	2.792.436	7.891.322	184.816	61.902	246.718	129.288	39.059	168.347	235.905	67.042	302.948	167.537	1.049.304.291
C1.1	586.725	0	586.725	67.771	0	67.771	53.394	0	53.394	1.068	0	1.068	60	0	60	0	0	0	766	6.073.917
C1.2	1.684.132	0	1.684.132	1.334.607	0	1.334.607	218.042	0	218.042	6.765	0	6.765	5.450	0	5.450	0	0	0	25.893	115.969.701
C1	2.270.857	0	2.270.857	1.402.378	0	1.402.378	271.436	0	271.436	7.833	0	7.833	5.511	0	5.511	0	0	0	26.659	122.043.617
C2	1.628.967	0	1.628.967	4.113.199	0	4.113.199	723.197	0	723.197	22.095	0	22.095	8.807	0	8.807	384.453	0	384.453	63.508	284.516.843
C	3.899.824	0	3.899.824	5.515.577	0	5.515.577	994.632	0	994.632	29.928	0	29.928	14.317	0	14.317	531.490	0	531.490	90.167	406.560.461
D	422.334	0	422.334	866.413	0	866.413	148.026	0	148.026	5.251	0	5.251	1.551	0	1.551	60.991	0	60.991	10.835	48.534.953
			64.830.492			12.814.215			9.384.083			291.336			184.806			895.429	269.562	1.512.465.444

Tableau Iv : Calcul des émissions annuelles sur l'ensemble des routes (en kg par heure de pointe)

Cat	CO		TOTAL CO	NOX		TOTAL NOX	COVNM		TOTAL COVNM	CH4		TOTAL CH4	N2O		TOTAL N2O	PM10		TOTAL PM10	TOTAL SO2	TOTAL CO2	
	à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid				à chaud
A1	526.128	985.487	1.511.615	2.631	23.781	26.411	315.677	102.538	418.215	5.261	3.873	9.135	53	856	909				1.141	8.997.469	
A2	590.060	442.755	1.032.815	8.851	10.684	19.535	88.509	46.068	134.577	5.901	1.740	7.641	59	385	444				791	6.248.017	
A	1.116.188	1.428.242	2.544.430	11.482	34.465	45.946	404.186	148.606	552.792	11.162	5.614	16.776	112	1.241	1.352				1.932	15.245.486	
B1.1	2.333.118	5.783.144	8.116.262	1.054.354	275.505	1.329.859	207.493	782.658	990.150				131.812	38.372	170.184				73.507	584.636.838	
B1.2	60.643.729	28.357.385	89.001.114	5.225.313	676.296	5.901.609	6.017.761	2.942.177	8.959.938	331.291	112.129	443.420	83.317	24.859	108.176				86.015	680.714.979	
B1	62.976.848	34.140.529	97.117.377	6.279.667	951.800	7.231.467	6.225.254	3.724.834	9.950.088	331.291	112.129	443.420	215.129	63.231	278.360				159.522	1.265.351.816	
B2	2.041.231	826.445	2.867.676	1.809.688	470.902	2.280.590	393.180	177.202	570.383	38.455	13.796	52.251	71.415	23.491	94.906				122.266	547.847.436	
B3	231.388	74.401	305.789	79.517	15.508	95.025	34.894	18.015	52.909	1.361	651	2.012								7.451.577	
Voit.	65.249.467	35.041.374	100.290.842	8.168.871	1.438.211	9.607.082	6.653.328	3.920.051	10.573.379	371.107	126.576	497.683	286.544	86.722	373.266				281.788	1.820.650.829	
B4.1	2.310.397	1.975.340	4.285.737	275.967	67.309	343.276	226.763	157.191	383.954	5.296	3.626	8.923	551	129	680				4.274	33.831.147	
B4.2	273.948	127.218	401.166	365.717	105.094	470.811	85.942	59.534	145.475	1.343	693	2.036	4.566	1.071	5.636				19.906	89.190.990	
B4	2.584.345	2.102.558	4.686.903	641.685	172.403	814.087	312.705	216.725	529.430	6.639	4.319	10.958	5.116	1.200	6.316				24.180	123.022.137	
B	67.833.812	37.143.933	104.977.745	8.810.556	1.610.613	10.421.169	6.966.033	4.136.776	11.102.809	377.746	130.895	508.641	291.660	87.922	379.582				305.968	1.943.672.966	
C1.1	971.355	0	971.355	112.199		112.199	88.396		88.396	1.768		1.768	99		99				1.269	10.055.706	
C1.2	2.788.175	0	2.788.175	2.209.516		2.209.516	360.981		360.981	11.200		11.200	9.024		9.024				42.867	191.994.282	
C1	3.759.530	0	3.759.530	2.321.715		2.321.715	449.377		449.377	12.968		12.968	9.123		9.123				44.135	202.049.989	
C2	2.696.846	0	2.696.846	6.809.629		6.809.629	1.197.292		1.197.292	36.580		36.580	14.580		14.580				105.141	471.033.441	
C	6.456.376	0	6.456.376	9.131.345		9.131.345	1.646.669		1.646.669	49.548		49.548	23.703		23.703				149.276	673.083.429	
D	699.198	0	699.198	1.434.395		1.434.395	245.065		245.065	8.693		8.693							117.938	80.352.311	
			114.677.748			21.032.855			13.547.335			583.658			407.204				1.537.296	475.114	2.712.354.191

Tableau v : Calcul des émissions annuelles sur l'ensemble des routes (en kg par heure creuse)

Cat.	CO		TOTAL CO	NOx		TOTAL NOx	COVNM		TOTAL COVNM	CH4		TOTAL CH4	N2O		TOTAL N2O	PM10		TOTAL PM10	TOTAL SO2	TOTAL CO2	
	à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid		à chaud	à froid				à chaud
A1	1 239 401	2 168 770	3 408 171	6 197	65 511	71 708	743 641	285 149	1 028 790	12 394	7 256	19 650	124	1 409	1 533				2 301	18 119 722	
A2	1 390 008	974 375	2 364 383	20 850	29 433	50 283	208 501	128 111	336 612	13 900	3 260	17 160	139	633	772				1 689	13 336 664	
A	2 629 409	3 143 145	5 772 554	27 047	94 944	121 991	952 142	413 260	1 365 402	26 294	10 516	36 810	263	2 042	2 305				3 991	31 456 386	
B1.1	4 234 423	11 786 361	16 020 784	2 612 922	663 822	3 276 744	388 656	1 824 821	2 213 477				231 403	77 059	308 462				144 777	1 151 453 782	
B1.2	135 125 008	62 268 970	197 393 978	13 154 053	1 874 794	15 028 847	17 960 936	8 224 686	26 185 622	644 786	208 695	853 482	152 247	40 518	192 765				177 871	1 406 625 177	
B1	139 359 431	74 055 331	213 414 762	15 766 975	2 538 616	18 305 591	18 349 592	10 049 508	28 399 099	644 786	208 695	853 482	383 651	117 577	501 228				322 648	2 558 078 960	
B2	3 709 827	1 324 049	5 033 876	3 616 999	899 494	4 516 494	717 222	288 016	1 005 238	57 149	21 016	78 164	108 519	31 928	140 448				966 283	1 226 850 235	
B3	545 083	175 266	720 349	187 317	36 533	223 850	82 200	42 437	124 638	3 207	1 533	4 739							273 786	17 553 715	
Voit.	143 614 340	75 554 646	219 168 986	19 571 292	3 474 643	23 045 935	19 149 014	10 379 961	29 528 975	705 142	231 244	936 385	492 170	149 505	641 676				966 283	3 802 482 909	
B4.1	5 442 613	4 653 319	10 095 932	650 098	158 560	808 658	534 188	370 295	904 483	12 476	8 543	21 019	1 297	304	1 601				10 068	79 696 191	
B4.2	645 340	299 688	945 028	861 522	247 570	1 109 091	202 453	140 244	342 697	3 163	1 632	4 795	10 755	2 522	13 277				46 892	210 107 634	
B4	6 087 953	4 953 007	11 040 960	1 511 620	406 130	1 917 749	736 641	510 539	1 247 180	15 639	10 175	25 814	12 052	2 826	14 878				56 960	289 803 825	
B	149 702 293	80 507 653	230 209 946	21 082 912	3 880 773	24 963 684	19 885 655	10 890 500	30 776 155	720 781	241 418	962 199	504 222	152 332	656 554				1 181 495	4 092 286 734	
C1.1	2 288 226		2 288 226	264 308		264 308	208 235		208 235	4 165		4 165	234		234				2 989	23 688 275	
C1.2	6 568 116		6 568 116	5 204 968		5 204 968	850 364		850 364	26 384		26 384	21 257		21 257				573 444	452 281 833	
C1	8 856 343		8 856 343	5 469 276		5 469 276	1 058 600		1 058 600	30 549		30 549	21 491		21 491				573 444	475 970 108	
C2	6 352 972		6 352 972	16 041 475		16 041 475	2 820 466		2 820 466	86 172		86 172	34 346		34 346				1 499 368	1 109 615 689	
C	15 209 315		15 209 315	21 510 751		21 510 751	3 879 066		3 879 066	116 721		116 721	55 837		55 837				2 072 812	351 650	
D	1 647 104		1 647 104	3 379 012		3 379 012	577 300		577 300	20 479		20 479	6 047		6 047				237 866	189 286 316	
			252 838 919			49 975 438			36 597 922			1 136 209			720 743				3 492 174	1 051 292	5 898 615 232

ANNEXE III :**Le coût des accidents – La perte de la capacité de production****Tableau vi : Nombre de survivants et taux d'activité selon l'âge et le sexe - 1996**

Tranche	Age moyen	Hommes		Femmes	
		Nbre de survivants sur 1,000,000 Naissances	Taux activité %	Nbre de survivants sur 1,000,000 naissances	Taux activité %
0-4	2	994.076	0,0%	995.357	0,0%
5-9	7	992.867	0,0%	994.448	0,0%
10-14	12	992.001	0,0%	993.734	0,0%
15-19	17	990.484	7,8%	992.838	5,1%
20-24	22	985.627	60,4%	990.912	52,2%
25-29	27	979.405	93,0%	989.108	83,0%
30-34	32	973.401	95,5%	986.820	79,9%
35-39	37	967.212	95,2%	983.301	75,6%
40-44	42	957.664	93,7%	978.251	69,4%
45-49	47	943.087	90,5%	969.635	59,5%
50-54	52	922.020	81,6%	956.301	44,2%
55-59	57	888.919	49,2%	938.778	21,8%
60-64	62	842.868	18,4%	914.720	4,6%
65-69	67	770.586	1,9%	878.899	0,7%
70-74	72	662.216	0,0%	821.782	0,0%
75-79	77	516.616	0,0%	727.330	0,0%
80-84	82	342.180	0,0%	581.213	0,0%
85-89	87	174.725	0,0%	379.715	0,0%

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1999, "Table de mortalité brute pour la Belgique, dans *Annuaire des statistiques régionales 1997*."

Tableau vii : Coefficients de production marchande

Décès Accidentels	Age médian	Production marchande	
		Hommes	Femmes
0-4	2	16,202713	12,4461635
5-9	7	17,9108876	13,754131
10-14	12	19,7923305	15,1965829
15-19	17	21,6908006	16,6658973
20-24	22	22,3400535	16,9902177
25-29	27	20,8191651	15,274333
30-34	32	18,1574987	12,6094188
35-39	37	15,1427646	9,86834613
40-44	42	11,8891133	7,11921193
45-49	47	8,4406495	4,50992771
50-54	52	4,93703158	2,27853329
55-59	57	2,08766278	0,77486035
60-64	62	0,5386655	0,14545916
65-69	67	0,0475	0,0175
70-74	72	0	0
75-79	77	0	0

Tableau viii : Coefficients de production non marchande

Décès Accidentels	Age médian	Production non marchande	
		Hommes	Femmes
0-4	2	22,0241156	22,83138476
5-9	7	24,3460129	25,23073535
10-14	12	26,9034313	27,8767857
15-19	17	29,7490552	30,80600017
20-24	22	30,5072171	31,57842192
25-29	27	28,6186746	29,6634825
30-34	32	26,5149965	27,56021472
35-39	37	24,1841577	25,26752097
40-44	42	21,6797569	22,76694788
45-49	47	19,0033122	20,07518024
50-54	52	16,1373169	17,17498092
55-59	57	13,1173716	14,00479409
60-64	62	9,86290411	10,53630275
65-69	67	6,39177479	6,734350456
70-74	72	2,5	2,5
75-79	77	0	0

Tableau ix : La perte de production totale pour les hommes décédés dans les accidents de la route - 1997

Décès Accidentels	Age médian	Coefficient prod march	Coeff prod non march	Perte de prod par cas	Nbre de cas par tranche*	Perte prod par tranche
0-4	2	16,202713	22,0241156	26.247.898	8	209.983.180
5-9	7	17,9108876	24,3460129	29.015.088	10	290.150.881
10-14	12	19,7923305	26,9034313	32.062.968	11	352.692.646
15-19	17	21,6908006	29,7490552	35.177.044	88	3.095.579.880
20-24	22	22,3400535	30,5072171	36.210.698	139	5.033.286.985
25-29	27	20,8191651	28,6186746	33.772.949	167	5.640.082.502
30-34	32	18,1574987	26,5149965	29.681.727	88	2.611.991.932
35-39	37	15,1427646	24,1841577	25.055.366	95	2.380.259.780
40-44	42	11,8891133	21,6797569	20.063.992	68	1.364.351.484
45-49	47	8,4406495	19,0033122	14.770.542	54	797.609.258
50-54	52	4,93703158	16,1373169	9.371.052	45	421.697.321
55-59	57	2,08766278	13,1173716	4.879.447	32	156.142.293
60-64	62	0,5386655	9,86290411	2.202.746	49	107.934.553
65-69	67	0,0475	6,39177479	998.671	39	38.948.169
70-74	72	0	2,5	364.190	48	17.481.120
total (sans inc.)					941	22.518.191.985
Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes					66	
					1007	
					moy/cas	22.361.660
Nbre de cas dont l'âge est inconnu					10	
total (avec inc.)					1017	22.741.808.589

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

Tableau x : La perte de production totale pour les femmes décédées dans les accidents de la route - 1997

Décès accidentels	Age médian	Coefficient prod march	Coeff prod non march	Perte de prod par cas	Nbre de cas par tranche*	Perte prod par tranche
0-4	2	12,4461635	22,8313848	25.347.642	5	126.738.208
5-9	7	13,754131	25,2307353	28.011.426	8	224.091.405
10-14	12	15,1965829	27,8767857	30.949.098	12	371.389.180
15-19	17	16,6658973	30,8060002	34.019.844	21	714.416.717
20-24	22	16,9902177	31,5784219	34.739.816	53	1.841.210.257
25-29	27	15,274333	29,6634825	31.658.297	29	918.090.614
30-34	32	12,6094188	27,5602147	27.164.201	26	706.269.234
35-39	37	9,86834613	25,267521	22.498.343	17	382.471.839
40-44	42	7,11921193	22,7669479	17.751.372	24	426.032.918
45-49	47	4,50992771	20,0751802	13.139.199	9	118.252.793
50-54	52	2,27853329	17,1749809	8.994.533	23	206.874.254
55-59	57	0,77486035	14,0047941	5.794.192	16	92.707.073
60-64	62	0,14545916	10,5363027	3.737.077	18	67.267.389
65-69	67	0,0175	6,73435046	2.281.262	26	59.312.812
70-74	72	0	2,5	837.638	18	15.077.475
total (sans inc.)					305	6.270.202.167
Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes					40	
					345	
moy/cas						18.174.499
Nbre de cas dont l'âge est inconnu					0	
total (avec inc.)					345	6.270.202.167

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

Tableau xi : La perte de production totale pour les hommes blessés graves dans les accidents de la route – 1997

Décès	Age	Coefficient	Coef prod	Taux	Prod actuelle	Perte prod	Perte prod	Perte de	Nbre de	Perte de prod	
Accidentels	median	prod	non	d'activité	non	non	non	cas	cas*	par tranche	
		march	march		march	march	prod	par cas			
0-4	2	16,202713	22,0241156	0,0%	0	1.820.121	253.462	2.073.584	66	136.856.538	
5-9	7	17,9108876	24,3460129	0,0%	0	2.012.008	280.184	2.292.192	149	341.536.602	
10-14	12	19,7923305	26,9034313	0,0%	0	2.223.359	309.616	2.532.974	240	607.913.869	
15-19	17	21,6908006	29,7490552	7,8%	0	2.486.153	342.364	2.828.517	1084	3.066.112.679	
20-24	22	22,3400535	30,5072171	60,4%	1	2.893.102	416.145	3.309.246	1068	3.534.274.969	
25-29	27	20,8191651	28,6186746	93,0%	1	2.929.267	394.411	3.323.677	970	3.223.966.896	
30-34	32	18,1574987	26,5149965	95,5%	1	2.646.145	370.201	3.016.346	790	2.382.913.234	
35-39	37	15,1427646	24,1841577	95,2%	1	2.305.582	343.376	2.648.958	619	1.639.705.228	
40-44	42	11,8891133	21,6797569	93,7%	1	1.930.560	314.555	2.245.115	487	1.093.370.859	
45-49	47	8,4406495	19,0033122	90,5%	1	1.522.859	283.753	1.806.612	421	760.583.566	
50-54	52	4,93703158	16,1373169	81,6%	1	1.072.766	250.770	1.323.536	330	436.766.951	
55-59	57	2,08766278	13,1173716	49,2%	1	546.941	216.015	762.956	198	151.065.351	
60-64	62	0,5386655	9,86290411	18,4%	1	177.352	178.562	355.914	169	60.149.467	
65-69	67	0,0475	6,39177479	1,9%	1	17.401	138.614	156.016	168	26.210.604	
70-74	72	0	2,5	0,0%	1	0	93.826	93.826	166	15.575.169	
Total (sans inc.)										6925	17.477.001.983
Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes										228	
Nbre de cas dont l'âge est inconnu										280	
Total (avec inc.)										7433	18.161.129.000
moy/cas											2.443.311

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

Tableau xii : La perte de production totale pour les femmes gravement blessées dans les accidents de la route – 1997

Décès Accidentels	Age médiann	Coefficient prod march	Coef prod non march	Taux d'activité	Prod actuelle non march	Perte prod march	Perte prod non march	Perte de prod par cas	Nbre de cas*	Perte de prod par tranche	
0-4	2	12,4461635	22,8313848	0,0%	0	1.398.132	604.332	2.002.464	42	84.103.475	
5-9	7	13,754131	25,2307353	0,0%	0	1.545.062	667.841	2.212.903	110	243.419.289	
10-14	12	15,1965829	27,8767857	0,0%	0	1.707.099	737.880	2.444.979	142	347.186.985	
15-19	17	16,6658973	30,8060002	5,1%	0	1.904.538	815.415	2.719.953	361	981.903.083	
20-24	22	16,9902177	31,5784219	52,2%	1	2.240.060	985.487	3.225.548	571	1.841.787.786	
25-29	27	15,274333	29,6634825	83,0%	1	2.242.890	934.800	3.177.691	412	1.309.208.581	
30-34	32	12,6094188	27,5602147	79,9%	1	1.923.844	879.128	2.802.972	315	882.936.139	
35-39	37	9,86834613	25,267521	75,6%	1	1.588.622	818.442	2.407.064	306	736.561.489	
40-44	42	7,11921193	22,7669479	69,4%	1	1.240.429	752.253	1.992.682	265	528.060.814	
45-49	47	4,50992771	20,0751802	59,5%	1	884.451	681.004	1.565.455	211	330.310.953	
50-54	52	2,27853329	17,1749809	44,2%	1	536.632	604.238	1.140.870	193	220.187.839	
55-59	57	0,77486035	14,0047941	21,8%	1	225.476	520.325	745.801	166	123.802.894	
60-64	62	0,14545916	10,5363027	4,6%	1	45.551	428.516	474.067	156	73.954.427	
65-69	67	0,0175	6,73435046	0,7%	1	6.411	327.881	334.292	188	62.846.908	
70-74	72	0	2,5	0,0%	1	0	215.801	215.801	153	33.017.502	
Total (sans inc.)										3591	7.799.288.162
Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes										193	
Nbre de cas dont l'âge est inconnu										189	
moy/cas											2.061.123
Total (avec inc.)										3973	8.188.840.346

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

Tableau xliii : La perte de production totale pour les hommes blessés légers dans les accidents de la route – 1997

Décès	Age	Taux	Prod actuelle	Perte de prod	Perte de prod	Perte de prod	Nbre de cas	Perte de prod
Accidentels	median	d'activité	non march	prod march	non march	par cas	par tranche	par tranche
0-4	2	0,0%	0	0	0	0	473	0
5-9	7	0,0%	0	0	0	0	944	0
10-14	12	0,0%	0	0	0	0	1314	0
15-19	17	7,8%	0	6.077	0	6.077	5101	31.000.779
20-24	22	60,4%	1	47.061	7.982	55.043	4925	271.087.171
25-29	27	93,0%	1	72.461	7.982	80.443	4168	335.288.358
30-34	32	95,5%	1	74.409	7.982	82.391	3332	274.527.966
35-39	37	95,2%	1	74.175	7.982	82.158	2682	220.346.684
40-44	42	93,7%	1	73.007	7.982	80.989	2152	174.288.051
45-49	47	90,5%	1	70.513	7.982	78.496	1666	130.773.639
50-54	52	81,6%	1	63.579	7.982	71.561	1333	95.390.975
55-59	57	49,2%	1	38.334	7.982	46.317	885	40.990.163
60-64	62	18,4%	1	14.336	7.982	22.319	791	17.654.060
65-69	67	1,9%	1	1.480	7.982	9.463	689	6.519.757
70-74	72	0,0%	1	0	7.982	7.982	500	3.991.123
			Total (sans inc.)				30955	1.601.858.726
			Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes				636	
							31591	
			Nbre de cas dont l'âge est inconnu				1417	
			Total (avec inc.)				33008	1.673.709.373
								50.706

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

Tableau xiv : La perte de production totale pour les femmes légèrement blessées dans les accidents de la route – 1997

Décès accidentels	Age médiann	Taux d'activité	Prod actuelle non march	Perte de prod march	Perte de prod non march	Perte de prod par cas	Nbre de cas par tranche*	Perte de prod par tranche
0-4	2	0,0%	0	0	0	0	378	0
5-9	7	0,0%	0	0	0	0	814	0
10-14	12	0,0%	0	0	0	0	1092	0
15-19	17	5,1%	0	3.974	0	3.974	2791	11.090.540
20-24	22	52,2%	1	40.672	18.359	59.031	3622	213.810.131
25-29	27	83,0%	1	64.670	18.359	83.029	2921	242.527.320
30-34	32	79,9%	1	62.254	18.359	80.613	2393	192.908.089
35-39	37	75,6%	1	58.904	18.359	77.263	2031	156.921.428
40-44	42	69,4%	1	54.073	18.359	72.432	1715	124.221.545
45-49	47	59,5%	1	46.360	18.359	64.719	1405	90.929.878
50-54	52	44,2%	1	34.439	18.359	52.798	1103	58.235.902
55-59	57	21,8%	1	16.986	18.359	35.345	832	29.406.799
60-64	62	4,6%	1	3.584	18.359	21.943	766	16.808.553
65-69	67	0,7%	1	545	18.359	18.905	674	12.741.690
70-74	72	0,0%	1	0	18.359	18.359	513	9.418.258
Total (sans inc.)							23050	1.159.020.134
Nbre de cas n'entrant pas dans ces classes							534	
							23584	
Nbre de cas dont l'âge est inconnu							1322	
Total (avec inc.)							24906	1.223.988.953
moy/cas								49.144

Sources : INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés.

ANNEXE IV :***Le coût des accidents – La perte de la consommation pour les victimes décédées*****Tableau xv : Coefficient d'actualisation pour la perte de consommation**

Décès accidentels	Age médian	Hommes décédés			Femmes décédées		
		Esp de vie	Part relative	Coeff	Esp de vie	Part relative	Coeff
0-4	2	38,60	0,8%	0,30663748	40,18	1,4%	0,58227356
5-9	7	37,38	1,0%	0,37117087	39,00	2,3%	0,9043425
10-14	12	36,02	1,1%	0,39351958	37,81	3,5%	1,31518068
15-19	17	34,54	8,7%	3,01873751	36,50	6,1%	2,2219547
20-24	22	32,98	13,8%	4,55242245	35,08	15,4%	5,38906109
25-29	27	31,28	16,6%	5,18733645	33,51	8,4%	2,81661581
30-34	32	29,44	8,7%	2,57254600	31,78	7,5%	2,39502471
35-39	37	27,32	9,4%	2,57751666	29,90	4,9%	1,47319865
40-44	42	25,09	6,8%	1,69424596	27,85	7,0%	1,93721738
45-49	47	22,71	5,4%	1,21801464	25,65	2,6%	0,66906079
50-54	52	20,20	4,5%	0,90250528	23,30	6,7%	1,55342039
55-59	57	17,59	3,2%	0,55900512	20,77	4,6%	0,96331288
60-64	62	14,86	4,9%	0,72309420	18,06	5,2%	0,94247339
65-69	67	12,26	3,9%	0,47493208	15,26	7,5%	1,14980054
70-74	72	9,80	4,8%	0,46697488	12,43	5,2%	0,64826561
75 et +	80	7,88	6,6%	0,51647014	10,07	11,6%	1,16805983
				Total 25,5351293			Total 26,1292625

ANNEXE V :***Le coût des accidents – Les dépenses de la police de la route*****Tableau xvi :** Répartition du nombre d'accidents avec lésions corporelles constatés par la Gendarmerie en 1997, selon le moment de la journée et de la semaine

de l'accident	d'accidents	
PENDANT LA SEMAINE		
- semaine/jour	16.209	61,5%
- semaine/nuit	1.376	5,2%
- TOTAL semaine	17.585	66,7%
PENDANT LE WEEK-END		
- week-end/jour	6.706	25,4%
- week-end/nuit	2.081	7,9%
- TOTAL week-end	8.787	33,3%
GLOBAL		
- jour	22.915	86,9%
- nuit	3.457	13,1%
TOTAL	26.372	100,0%

Sources : GENDARMERIE, Etat-Major Général, Data Services

ANNEXE VII : Les coûts marginaux externes des accidents – calcul des élasticités entre le nombre de véhicules-kilomètres et le risque d'accident

L'élasticité entre le nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les voitures et le risque d'accident de gravité n entre une voiture et un mode j et dans lequel les occupants de cette voiture sont les victimes ($\varepsilon_{(1,j),1}^n$) peut être réécrite de la manière suivante, en tenant compte de l'hypothèse de proportionnalité du nombre d'accidents au volume de trafic :

$$\varepsilon_{(1,j),1}^n = \frac{\delta r_{1j}^n}{\delta X_1} * \frac{X_1}{r_{1j}^n} = \frac{\delta(\frac{A_{1j}^n}{X_1})}{\delta X_1} * \frac{X_1}{\frac{A_{1j}^n}{X_1}} = \frac{X_1 \frac{\delta A_{1j}^n}{\delta X_1} - A_{1j}^n}{(X_1)^2} * \frac{(X_1)^2}{A_{1j}^n} = (\frac{X_1}{A_{1j}^n} * \frac{\delta A_{1j}^n}{\delta X_1}) - 1 = 0$$

Dans le même ordre d'idée, l'élasticité $\varepsilon_{(i,1),1}^n$ entre le nombre de véhicules-kilomètres parcourus par les voitures et le risque d'accident entre le mode i et la voiture dans lesquels les utilisateurs du mode i sont les victimes (avec $i \neq 1$) peut être réécrite de la manière qui suit :

$$\varepsilon_{(i,1),1}^n = \frac{\delta r_{i1}^n}{\delta X_1} * \frac{X_1}{r_{i1}^n} = \frac{\delta(\frac{A_{i1}^n}{X_i})}{\delta X_1} * \frac{X_1}{\frac{A_{i1}^n}{X_i}} = \frac{X_i * \frac{\delta A_{i1}^n}{\delta X_1}}{(X_i)^2} * X_1 * \frac{X_i}{A_{i1}^n} = 1$$

ANNEXE VIII : Les coûts marginaux externes des accidents

Tableau xviii : Estimation des risques d'accident – coût marginal externe d'accidents d'une voiture-kilomètre supplémentaire

	Voitures	Bus	Autres modes motorisés	Modes non motorisés
Accidents motorisés	$r_{1j}^n (j=1\text{à}5)$	A_{21}^n/X_1	A_{31}^n/X_1	A_{41}^n/X_1
Décédés (n=1)	1,43154E-08	1,09557E-10	1,22056E-09	2,159E-09
Blessés graves (n=2)	9,04207E-08	1,52252E-10	2,10865E-08	1,30994E-08
Blessés légers (n=3)	4,24824E-07	3,53225E-09	7,10538E-08	4,57452E-08
Dégâts matériels (n=3)	1,04211E-06	8,66477E-09	1,74298E-07	0

Tableau xix : Estimation des risques d'accident – coût marginal externe d'accidents d'un bus-kilomètre supplémentaire

	Bus	Voitures	Autres modes motorisés	Modes non motorisés
Accidents motorisés	$r_{2i}^n (j=1\text{à}5)$	A_{12}^n/X_2	A_{32}^n/X_2	A_{42}^n/X_2
Décédés (n=1)	3,44499E-08	5,33347E-08	8,64664E-09	2,40417E-08
Blessés graves (n=2)	5,74164E-08	2,78673E-07	4,14184E-08	7,55954E-08
Blessés légers (n=3)	1,33206E-06	1,30929E-06	1,37288E-07	2,5771E-07
Dégâts matériels (n=3)	3,26761E-06	3,21175E-06	3,36773E-07	0

ANNEXE IX : Les coûts marginaux externes des accidents - estimation du coût marginal externe des accidents d'une voiture-km supplémentaire

Tableau xx : Estimation du premier terme

	(n=1)	Blessés graves (n=2)	Blessés légers (n=3)	Dégâts matériels (n=4)
$(a^n + b^n + c^n)$	125.872.593	13.559.584	289.927	6.160
$\sum_{j=1}^5 r_{1j}^n$	1,43154E-08	9,04207E-08	4,24824E-07	1,04211E-06
Sous-total	1,801914802	1,226066463	0,12316786	0,00641941
	3,157568534			

Tableau xxi : Estimation du troisième terme

	Décédés (n=1)	Blessés graves (n=2)	Blessés légers (n=3)	Dégâts matériels (n=4)
$(a^n + b^n + c^n)$	125.872.593	13.559.584	289.927	6.160
$\mathcal{E}_{(2,1),1}^n$	1	1	1	1
$\mathcal{E}_{(3,1),1}^n$	1	1	1	1
$\mathcal{E}_{(4,1),1}^n$	0,5	0,5	0,5	0,5
A_{21}^n/X_1	1,09557E-10	1,52252E-10	3,53225E-09	8,66477E-09
A_{31}^n/X_1	1,22056E-09	2,10865E-08	7,10538E-08	1,74298E-07
A_{41}^n/X_1	2,159E-09	1,30994E-08	4,57452E-08	0
Sous-total	0,303304685	0,376799867	0,028255884	0,001127051
	0,709487488			

Coût marginal externe des accidents pour une voiture-km supplémentaire :

3,867056022

Coût marginal externe des accidents pour un voyageur-km supplémentaire :

2,612875691

ANNEXE X : Les coûts marginaux externes des accidents - estimation du coût marginal externe des accidents d'un bus-km supplémentaire

Tableau xxii : Estimation du premier terme

	Décédés (n=1)	Blessés graves (n=2)	Blessés légers (n=3)	Dégâts matériels (n=4)
$(a^n + b^n + c^n)$	125.872.593	13.559.584	289.927	6.160
$\sum_{j=1}^5 r_{2j}^n$	3,44499E-08	5,74164E-08	1,33206E-06	3,26761E-06
Sous-total	4,33629343	0,778542991	0,386200543	0,020128461
	5,521165425			

Tableau xxiii : Estimation du troisième terme

	Décédés (n=1)	Blessés graves (n=2)	Blessés légers (n=3)	Dégâts matériels (n=4)
$(a^n + b^n + c^n)$	125.872.593	13.559.584	289.927	6.160
$\varepsilon_{(1,2),2}^n$	1	1	1	1
$\varepsilon_{(3,2),2}^n$	1	1	1	1
$\varepsilon_{(4,2),2}^n$	0,5	0,5	0,5	0,5
A_{12}^n/X_2	5,33347E-08	2,78673E-07	1,30929E-06	3,21175E-06
A_{32}^n/X_2	8,64664E-09	4,14184E-08	1,37288E-07	3,36773E-07
A_{42}^n/X_2	2,40417E-08	7,55954E-08	2,5771E-07	0
Sous-total	9,314849189	4,852832424	0,45676113	0,021858925
	14,64630167			

Coût marginal externe des accidents pour un bus-km supplémentaire :

20,16746709

Coût marginal externe des accidents pour un voyageur-km supplémentaire :

1,102047382

6. BIBLIOGRAPHIE

- AVENEL & al., 1997, *Le compte transport voyageurs pour la Région de Bruxelles-Capitale*, Université Libre de Bruxelles.
- AXHAUSEN (K.W.), 1991, *Choice of parking : Stated preference approach*, pp. 59-81.
- BANQUE NATIONALE DE BELGIQUE, 1997, *Comptes nationaux 1997*, Institut des Comptes Nationaux, Partie II.
- BIERNAUX (L.) & DELEPIERE (C.), 1996, *Coût des accidents du transport terrestre (routier, ferroviaire et fluvial)*, Université Libre de Bruxelles.
- BLAUWENS G., 1991, *Maatschappelijke kosten van het verkeer*, referaat naar aanleiding van het Twintigste Vlaams Economisch Kongres", 17-18 Oktober 1991.
- BLAUWENS G., ALLAERT G., BEUTHE M. & DELEPIERE-DRAMAIS C., 1993, *Propositions pour une politique de mobilité*, Schilde.
- BONIVER V., 1992, *La valorisation du temps*, Document de travail, Université de Liège.
- BONIVER V. & THIRY B., 1994, "Les coûts marginaux externes du transport public de personnes en milieu urbain. Estimations chiffrées pour la Belgique", *Cahiers Economiques de Bruxelles*, n° 142 - 2ème trimestre 1994.
- BONIVER V., 1994, *Coûts et prix du transport public secondaire en Belgique*, CIRIEC, Liège, W.P. 94/07.
- BONIVER V. & THIRY B., 1995, *Les coûts de la mobilité dans la perspective de l'aménagement du territoire*, CIRIEC, Liège, W.P. 95/02.
- BONIVER V., 1997, *La mesure des coûts sociaux des transports*, CIRIEC, Liège, W.P. 97/05.
- BONIVER V. & VAN DER KAA C., 1998, *Le coût de la pollution de l'air liée au trafic routier : essai d'évaluation pour l'agglomération liégeoise*, W.P. 98/05, CIRIEC (à paraître).
- BONIVER V., 1998, *La valorisation des impacts liés au transport*, CIRIEC, Liège, W.P. 98/06.
- BUTTON (K.J.), 1993, *Transport Economics*, Cambridge, second edition.
- CGER, 1998, *Guide des valeurs immobilières*, Brochure éditée avec la collaboration de la Fédération Royale des Notaires de Belgique.
- COMMISSION EUROPEENNE, 1995, *Vers une tarification équitable et efficace dans les transports*, COM(95) 691 final.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, November 1997, *COPERT II Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Methodology and Emission Factors*, Technical Report n°6.
- DE BAERE P., 1994, *Vers une paralysie de la circulation?*, Bulletin du Crédit Communal, n°189.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1996, *COBA 9*, Department of Transport, London.
- DE NOCKER L. & al., 1998, *Externe kosten van elektriciteitsproductie in België*, W.P., VITO.
- DICKERSON (A.) & al., 1997, *Road Accidents and Traffic Flows : an Economic Investigation*, University of Kent at Canterbury.
- DOUCET P., 1992, *Le coût de la désurbanisation*, Rapport de l'atelier n°1.

- EUROPEAN COMMISSION, 1995, *ExternE – Externalities of Energy*, D.G. XII, Science, Research and Development.
- EUROPEAN COMMISSION, 1997, *External Costs of Transport in ExternE*, Final Report.
- EXTERNE, 1998, *Newsletter*, Issues 5 and 6.
- FEBIAC, 1992, *Mobilis. Etude sur la mobilité*, Bruxelles.
- FEBIAC, 1998, *Rapport annuel 1997*.
- FEDERATION BELGE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX DE VOIRIE, *Rapport d'activité 1998-99*.
- GERONDEAU C., 1996, *Les temps de transport en Europe*.
- HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *The Netherlands' value of time study - final report*, Den Haag.
- HAGUE CONSULTING GROUP, 1990, *Further Analyses of the Netherlands Values of Time Study Public Transport Survey Data - Final Report*, Den Haag.
- HAGUE CONSULTING GROUP, 1998, *Value of Dutch Travel Time Savings in 1997 - Final Report*, Den Haag.
- HALL & al., 1978, "Effects of Highway Noise on Residential Property Values", *Transportation Research Record 686*, Washington DC : National Academy of Sciences, pp. 38-43.
- HAMENDE G., 1995, *Application d'un modèle de tarification optimale des transports urbains*, CIRIEC, Liège, W.P. 95/04.
- HAMMAR (T.), 1974, *Trafikimmissionens innverkan på villapriser*, Statens Vägverk, Vägförvaltningen i Stockholm län.
- INFRAS & IWW, 1994, *Effets Externes du Transport*, Zurich/Karlsruhe.
- INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Rapport annuel 1997*.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUES, 1995, *Statistiques des accidents du travail. Exercice 1991*, Statistiques sociales, n° 5.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Enquête sur les forces de travail 1997*, Ministère des Affaires économiques.
- INSTITUT BELGE POUR LA SECURITE ROUTIERE, 1998, *Accidents de la circulation sur la voie publique avec tués ou blessés*.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Enquête sur le budget des ménages 1997-1998*, Ministère des Affaires économiques.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, Ministère des Affaires économiques et Services fédéraux des Affaires scientifiques, techniques et culturelles, *Recensement général de la population et des logements au 1er mars 1991. Urbanisation*, Monographie n° 11A.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1998, *Parc des véhicules à moteur. Situation au 1er août 1998*.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1999, *Statistiques de la construction et du logement*, volume n° 30.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1999, *Statistiques démographiques. Ménages et noyaux familiaux au 1.1.98*.
- INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 1999, "Table de mortalité brute pour la Belgique, *Annuaire des statistiques régionales 1997*.

- INSTITUT WALLON, 1997, *Inventaire des émissions atmosphériques en Wallonie - CORINAIR* – Inventaire 1995 pour le transport routier (groupe 7).
- ITEN (R.), *Die mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität*, Verlag Hans Schellenberg, Winterthur.
- JANSSON (J.O.), 1994, "Accident Externality Charges", in *Journal of Transport Economics and Policy*, pp. 31-43.
- JONES-LEE (M.W.), 1990, "The Value of Transport Safety", in *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 6, pp. 39-60.
- JOUMARD R. & al., 1990, *Émissions unitaires de polluants de véhicules légers*, Rapport INRETS n°116, 119p.
- JOUMARD R. & al., 1995, *Évolution des émissions des polluants des voitures particulières lors du départ moteur froid*, Rapport INRETS n°197, 75 p.
- LAMOTTE P., 1999, *Mobilité. En finir avec les bouchons*, L'Express n° 2489, pp. 40-51.
- MAYERES I., 1993, "The Marginal External Cost of Car Use – with an Application to Belgium", in *Tijdschrift voor Economie en Management*, n° 3.
- MAYERES I., OCHELEN S. & PROOST S., 1996, "The marginal external costs of urban transport", in *Transportation research*, vol 1, n°2 pp 111-130.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU CADRE DE VIE, 1980, *Guide du bruit des transports terrestres : prévision des niveaux sonores*.
- MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1996, *Recensement de la circulation 1995*, n° 11.
- MINISTERE DES COMMUNICATIONS ET DE L'INFRASTRUCTURE, 1998, *Recensement de la circulation 1997*, n° 14.
- MINISTERE WALLON DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, 1994, *Maîtriser la mobilité. Planification intégrée*, Les cahiers du MET, Collection Trafics.
- MINISTERE WALLON DE L'EQUIPEMENT ET DES TRANSPORTS, D.G.1 – Direction Générale des Autoroutes et des Routes, *Rapport annuel 1997*.
- NAVRUD (S.), 1991, *Summary of Norwegian Valuation Studies Relevant for economic Valuation of External Effects of Fuel Cycles*, Noragric, Agricultural University of Norway.
- NELSON (J.P.), 1982, "Highway Noise and Property Values. A survey of Recent Evidence", in *Journal of Transport Economics and Policy*, vol 16, pp 117-132.
- NEWBERY D. M., 1988, "Road User Charges in Britain ", in *The Economic Journal*, vol. 98, pp. 161-176.
- OFFICE DE CONTROLE DES ASSURANCES, 1998, *Rapport annuel 1997*.
- OCDE, 1995, *Transports urbains et développement durable*, C.E.M.T., Paris.
- OFFICE DE CONTROLE DES ASSURANCES, 1999, *Rapport annuel 1997 – 1998*.
- OOSTERHUIS (F.) & VAN DER PLIGT, 1985, *Kosten en Baten van de Wet Geluidshiner*, Commissie Evaluatie Wet Geluidshiner, CW-AS-06.
- O'REILLY (D.) & al., 1993, "The value of Road Safety : UK Research on the Valuation of Preventing Non-Fatal Injuries", in *Journal of Transport Economics and Policy*, 45-59.
- PEARCE (D.W.) & MARKANDYA (A.), 1989, *Environmental Policy Benefits : Monetary Valuation*, OECD, Paris.

- POMMEREHNE (W.W.), 1987, "L'évaluation des gains et des pertes d'aménités : le cas du bruit provenant du trafic", in *Burgat (P.) et Jeanrenaud (C.) (éd.) : Services publics locaux*, Economica, Paris.
- SCIMAR (P.), 1999, *Analyse économique de la congestion sur base de la banque de données dynamique*, Université de Liège.
- SNCB, 1998, *Annuaire statistique 1997*.
- SOGUEL (N.), 1991, *Evaluation du coût social du bruit généré par le trafic routier en ville de Neufchâtel*, Institut de Recherches Economiques et Régionales, W.P. 91-05, Université de Neufchâtel.
- STRATEC, 1995, *Le scénario tendanciel à l'horizon 2010*, Région wallonne, Compléments au Plan régional d'aménagement du territoire wallon.
- STREETING (M.C.), 1990, *A survey of the hedonic price technique*, Ressource Assessment Commission, Canberra.
- TEC Liège-Verviers, 1998, *Rapport 1997*.
- TEC, 1998, Société Régionale Wallonne du Transport, *Rapport 1997*.
- THIRY (B.) & BLAUWENS (G.), 1997, *Etude préparatoire à la définition d'un plan fédéral de mobilité durable*, Université de Liège, Ciriec.
- TOUSSAINT Y., 1998, *Le véhicule électrique, quel progrès pour l'environnement ?*, Union belge des ingénieurs de l'automobile, Bruxelles.
- UNION PROFESSIONNELLE DES ENTREPRISES D'ASSURANCES, 1999, *Rapport d'activités 1998*.
- US FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 1982, *FINAL REPORT ON THE FEDERAL HIGHWAY COST ALLOCATION STUDY*, USGPO, WASHINGTON.
- VITALIANO (D.F.) & HELD (J.), 1991, "ROAD ACCIDENT EXTERNAL EFFECTS : AN EMPIRICAL ASSESSMENT", IN *APPLIED ECONOMICS*, N°23, PP. 373-378.
- VIVET D., 1998, *La problématique générale du stationnement*, CIRIEC, Liège, W.P. 98/03.