

Université Lumière Lyon 2
Ecole doctorale : Economie et gestion
Faculté de Sciences économiques et de gestion
Équipe d'accueil : L.E.T. U.M.R. C.N.R.S. n° 5593

Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers

par Guillaume CHEVASSON

Thèse pour le doctorat de Sciences économiques

Mention Économie des Transports

sous la direction d'Yves CROZET

présentée et soutenue publiquement le 11 juillet 2007

Devant un jury composé de Jean Marc BLOSSEVILLE, directeur de recherche à l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité Yves CROZET, professeur à l'université Lumière Lyon 2 Joël MAURICE, ingénieur des Ponts et Chaussées, Paris-Jourdan Sciences Économiques James G. MULLIGAN, professeur à l'université du Delaware Yvon ROCABOY, professeur à l'université de Rennes 1

Table des matières

Contrat de diffusion .	1
Remerciements . .	3
Introduction générale . .	5
Démarche de travail .	9
Plan de travail .	9
Chapitre I. Le calcul économique et les contraintes du secteur des transports routiers . .	11
Introduction .	11
1. Un état des lieux du calcul économique : fondements, mode d'emploi et critiques .	13
1.1. Les fondements du calcul économique .	14
1.2. Un calcul économique régulièrement remis en cause .	27
2. Le réchauffement climatique et l'insécurité routière : deux contraintes liées aux transports routiers . .	31
2.1. Les conséquences du réchauffement climatique .	31
2.2. Les conséquences de l'insécurité routière .	37
3. La prise en compte de ces contraintes par la collectivité et le calcul économique . .	44
3.1. Un cadre juridique et administratif qui a évolué et s'est élargi à la prise en compte des nuisances environnementales .	45
3.2. Le Commissariat Général du Plan : un laboratoire de production des valeurs tutélaires .	49
Conclusion .	55
Chapitre II. Le calcul économique comme outil d'aide à la décision : un exemple dans le domaine de la sécurité routière .	57
Introduction .	57
1. Calcul économique et sécurité routière : valorisation de la vie humaine et coût économique . .	59
1.1. Les principales méthodes d'évaluation du prix de la vie humaine .	59
1.2. Le prix de la vie humaine en France . .	69
1.3. Valeurs de la vie humaine, coûts économiques de l'insécurité routière et décisions d'investissement sur les infrastructures routières .	73

2. SIMSEC : un outil d'aide à la décision dans le domaine de la sécurité routière . .	79
2.1. Le programme ARCOS . .	79
2.2. L'outil de Simulation économique de Sécurité routière : SIMSEC .	80
3. L'implication des coûts économiques de l'insécurité routière en termes d'investissements sur les véhicules .	89
3.1. La classification des situations accidentelles .	90
3.2. Taux d'équipement, degré d'efficacité des fonctions ARCOS et enjeux accidentologiques .	91
3.3. Une analyse par le biais d'un exemple d'application .	92
Conclusion .	100
Chapitre III. SIMECO, un outil d'évaluation socio-économique de projets d'infrastructure routière en rase campagne .	103
Introduction .	103
1. Les caractéristiques de l'outil SIMECO . .	105
1.1. Le cadre d'analyse de l'outil .	105
1.2. L'architecture de l'outil .	107
1.3. Le scénario de référence .	110
1.4. Le scénario d'aménagement .	111
1.5. Le taux de subvention . .	112
2. Les variables de l'outil et la répartition du trafic .	115
2.1. Les différentes variables de calcul de l'outil SIMECO .	116
2.2. Le calcul du trafic et de sa répartition sur les itinéraires . .	122
3. Le bilan socio-économique pour la collectivité .	134
3.1. Le bilan par agents économiques concernés par le scénario d'aménagement .	134
3.2. Le bilan coûts-avantages pour la collectivité .	141
Conclusion .	148
Chapitre IV. Les limites et le rôle pédagogique du calcul économique .	151
Introduction .	151
1. La présentation du cadre d'analyse .	153
1.1. Une approche par les tests de sensibilité . .	153

1.2. Les scénarios de référence à la base des analyses . .	155
2. L'influence relative des variables de calcul sur le bénéfice net actualisé pour la collectivité .	159
2.1. La sensibilité du bénéfice aux variables situées en amont du calcul économique . .	160
2.2. La sensibilité du bénéfice aux valeurs tutélaires ou variables au cœur du calcul économique . .	179
3. Le calcul économique à l'envers : une révélation des préférences implicites ou affichées de la puissance publique ? .	187
3.1. L'art de faire du calcul économique à l'envers .	187
3.2. Une pluralité de valeurs tutélaires ? .	192
Conclusion .	205
Conclusion générale .	209
Bibliographie . .	215
Annexes . .	223
1. Le Cd-rom .	223
2. Le guide utilisateur de l'application SIMECO . .	225
2.1. <i>Présentation des feuilles de calcul de l'outil SIMECO .</i>	226
2.2. <i>Déroulement d'une session de calcul avec l'outil SIMECO .</i>	231
2.3. <i>La manipulation de l'outil pour effectuer des analyses . .</i>	235
3. Le guide utilisateur de l'application SIMSEC . .	237
3.1. <i>Présentation des feuilles de calcul de l'outil SIMSEC .</i>	238
3.2. <i>Déroulement d'une session de calcul avec l'outil SIMSEC .</i>	242
4. Détail des résultats présentés dans le chapitre IV .	248

Contrat de diffusion

Ce document est diffusé sous le contrat *Creative Commons* « **Paternité – pas d'utilisation commerciale - pas de modification** » : vous êtes libre de le reproduire, de le distribuer et de le communiquer au public à condition d'en mentionner le nom de l'auteur et de ne pas le modifier, le transformer, l'adapter ni l'utiliser à des fins commerciales.

Remerciements

Je tiens à remercier l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie d'avoir financé en partie ce travail de recherche et le Laboratoire d'Économie des Transports de m'avoir accueilli et de m'avoir donné les moyens matériels et financiers pour le réaliser.

Je remercie mon directeur de thèse, Yves Crozet, pour m'avoir aidé et aiguillé tout au long de ce travail de recherche et également l'ensemble des personnes du LET pour leurs conseils et critiques.

Introduction générale

Dans le domaine des transports, face à un investissement envisagé, comme la mise en place de mesures en faveur de la sécurité routière ou la desserte routière entre deux agglomérations, le rôle du calcul économique, dont l'outil le plus couramment utilisé est l'Analyse Coûts-Avantages, est de pouvoir comparer différents choix possibles d'investissements compte tenu de leurs coûts et des différents avantages estimés apportés par leur réalisation. Il s'agit de pouvoir juger de l'utilité et de la rentabilité d'un investissement par rapport à d'autres poursuivant les mêmes objectifs. Le calcul économique, par le biais des évaluations socio-économiques, constitue donc une aide précieuse pour les décideurs dans leurs choix. Il doit permettre d'orienter le politique face aux attentes économiques et sociales de la collectivité.

Le calcul économique constitue également un sujet d'intérêt majeur compte tenu de l'impact, dans l'espace et dans le temps, d'une modification de l'offre de transport, car les effets engendrés par les investissements en la matière sont multiples et parfois antagoniques. D'un côté, ces investissements ont des effets bénéfiques sur le développement économique et social d'une région ou d'un pays. De l'autre côté, leurs impacts sur notre environnement sont importants.

Par environnement nous faisons référence à l'ensemble des effets externes engendrés par les transports. Le livre vert de la Commission Européenne (Commission Européenne, 1995) ramène les externalités des transports aux situations dans lesquelles un usager ne supporte pas la totalité des coûts, y compris les coûts environnementaux (pollution, effet de serre) ni ceux liés aux encombrements routiers et aux accidents, de

son activité de transport ou ne retire pas la totalité des bénéfices qui en découlent. Dans le domaine des transports, ce sont les transports routiers qui constituent la première source d'effets externes. Ces effets entraînent des coûts pour la collectivité qu'elle s'efforce d'éviter ou du moins d'atténuer. Pour tenter de remédier aux nuisances causées, il existe différentes formes de régulation du secteur et parmi celles-ci figure notamment la régulation par les choix des investissements. En effet, compte tenu du rôle et du poids des transports routiers dans ces coûts externes, les choix des investissements peuvent contribuer à l'amélioration ou du moins à la stabilité de la situation actuelle.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés particulièrement à deux effets externes qui sont d'actualité : les accidents de la route et l'effet de serre. Les coûts socio-économiques qu'entraînent ces effets sont de véritables contraintes pour la collectivité. L'insécurité routière tue et engendre pour la collectivité des coûts économiques importants¹. Quant au réchauffement climatique, il aura, si rien n'est fait, des conséquences socio-économiques² à long terme de grande ampleur, avec un coût pour l'économie mondiale qui pourrait atteindre plus de 5 500 milliards d'euros³.

Dans un contexte où le second rapport du Commissariat Général du Plan⁴ (CGP, 2001) est paru, la question de la prise en compte des coûts externes du transport reste aujourd'hui plus que jamais d'actualité. Quels sont leurs coûts pour la collectivité ? Comment les incorporer au calcul économique ? Comment les apprécier dans le futur ? Ces questions ne sont pas nouvelles et les coûts externes des transports ont été de plus en plus pris en compte par la collectivité. Cette considération s'est traduite par leur intégration dans le calcul économique des projets d'investissements. Depuis la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI, 1982), toutes évaluations de projets de grandes infrastructures de transport donnent lieu à une évaluation socio-économique *a priori* et *a posteriori*. Si ce texte de référence n'abordait pas précisément les effets des transports en termes de pollutions et d'effet de serre, contrairement à ceux sur la sécurité routière, il a été complété plus récemment, notamment face à la montée des préoccupations environnementales, par la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE, 1996) et la Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire (LOADDT, 1999) qui ont spécifiquement introduit dans les évaluations la prise en compte des coûts environnementaux engendrés par les projets.

Ainsi, les évaluations socio-économiques reposent aujourd'hui en partie sur une démarche de monétarisation des effets externes : temps, vie humaine, bruit, pollution, effet de serre. L'estimation monétaire de ces différents effets relève cependant d'un

¹ Selon l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, le coût de l'insécurité routière était estimé à 24,9 milliards d'euros en 2005.

² Cf. le dernier rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, février 2007.

³ Cf. le rapport Stern : Stern Review on the economics of climate change, disponible sous : http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

⁴ Le Commissariat Général du Plan a changé de nom en 2006, il s'agit désormais du Conseil d'Action Stratégique (CAS).

caractère nécessairement incertain en raison de leur nature non tangible. Or, dans un bilan socio-économique, leur part peut être prépondérante dans les résultats finaux. Les valeurs prises en compte dans la valorisation de ces avantages présentent donc un caractère décisif. C'est, entre autres, une raison qui explique que le calcul économique fait souvent l'objet de critiques sur la portée réelle des évaluations de projets. Pourtant, si les résultats finaux sont déterminés, la démarche de l'évaluation est loin d'être déterministe. Le rôle du calcul économique est d'aider et de conforter le politique dans son choix d'investissement, en rapport avec les attentes réelles de la collectivité, et non de dicter purement et simplement les choix à opérer. Ceci est d'autant plus vrai que des pondérations explicites ainsi que des tests de sensibilité existent, mettant en évidence le caractère non défini du calcul économique.

Malgré ça, le calcul économique est déconsidéré, contourné (Crozet, 2003). Cette méfiance à son égard explique sans doute pourquoi les évaluations socio-économiques des projets d'investissement font l'objet de beaucoup d'attention et de réflexions. En effet, de nombreux groupes de travail et commissions (CGP, 1994, 2001, 2005) se sont penchés sur la manière d'effectuer ces évaluations et sur les valeurs unitaires des coûts et des avantages à prendre en compte. Récemment, l'instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transports du 25 mars 2004 (Ministère des Transports, 2004/2005), qui a concrétisé les recommandations du rapport du Commissariat Général du Plan de 2001, a rappelé l'importance de disposer du calcul économique pour évaluer les projets et de faire du bilan socio-économique « *le noyau des données dont le décideur à besoin pour prendre sa décision.* »

Cette attention portée au calcul économique est révélatrice de la considération de la puissance publique à son égard mais surtout des préoccupations et des questions qu'il soulève, d'autant plus que le contexte décisionnel⁵ pour les infrastructures de transport a changé et que les projets font de plus en plus l'objet de controverses. Ainsi le calcul économique est régulièrement remis en cause et critiqué.

Dans le cadre de notre travail, nous aborderons certaines questions soulevées par ces critiques en essayant d'y apporter des éléments de réponses et en illustrant notre démarche par les deux effets externes considérés. Nous avons retenu en particulier deux critiques d'ordre général.

Le calcul économique est critiqué par ceux qui voient en cet instrument un outil trop technocratique dont les résultats sont partiels, voire partiels. Le calcul économique en tant qu'instrument d'aide à la décision est remis en cause. Récemment, cela est apparu de nouveau suite aux conclusions du rapport d'audit sur les grandes infrastructures de transports (CGPC, Inspection Générale des Finances, 2003). Les réactions mitigées, parfois hostiles, observées lors de la publication de ce rapport témoignent du fossé qui s'est creusé entre calcul économique et opinion publique. L'objectif de ce rapport était de

⁵ La circulaire « Bianco » du 15 décembre 1992 et la loi « Barnier » du 2 février 1995 sur le renforcement de la protection de l'environnement ont prescrit et renforcé la tenue de débats publics sur l'intérêt économique et social des projets dans le processus de décision. La loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité a renforcé l'exercice en le rendant obligatoire pour tous les projets d'importance.

préciser le coût et l'état d'avancement des grands projets d'infrastructures de transports terrestres, d'en apprécier l'intérêt socio-économique et d'évaluer les enjeux qu'ils peuvent représenter pour la politique européenne des transports, la sécurité routière, l'environnement, l'aménagement et le développement durable du territoire. D'un côté le rapport a rappelé le rôle et l'importance de disposer du calcul économique dans le processus de décision surtout lorsque les contraintes budgétaires s'accroissent. Le financement direct sur crédits publics des investissements impose de les choisir en tenant le plus grand compte des résultats des études économiques d'autant plus que, comme le rapport le rappelle, la quasi-totalité des investissements demandera des apports de fonds publics sous forme de subventions. De l'autre côté les conclusions du rapport ont été contestées par tous ceux, notamment les élus locaux, qui voyaient dans ses résultats la remise en cause de la programmation d'infrastructures les concernant. Ainsi d'un côté le calcul économique est sollicité mais de l'autre, ses conclusions sont rejetées.

Le calcul économique est critiqué par ceux qui voient en cet instrument son incapacité à prendre en compte certains effets externes dans ces évaluations, ce qui pose les questions de leurs valeurs tutélaires et de leurs poids dans les résultats finaux. Cette deuxième remise en cause est plus récente. Elle est en partie liée, d'une part à l'évolution des connaissances scientifiques et du consensus sur les phénomènes qui ont un impact sur notre environnement, tel que l'effet de serre et, d'autre part aux changements des attentes de la population vis-à-vis des nuisances des transports, notamment celles concernant la pollution et le bruit. Dans l'analyse coûts-avantages des décisions publiques, une perte est supposée être toujours compensable par un gain. Pour chaque décision possible, l'analyse soustrait aux bénéfices attendus les inconvénients associés et compare les résultats actualisés. Mais l'opération de compensation est-elle pertinente pour toutes les nuisances des transports ? Par exemple jusqu'où pouvons-nous considérer dans l'évaluation d'un projet d'infrastructure autoroutière que la mise en péril du climat est compensée par un gain de vitesse ou de confort sur un trajet supplémentaire ? Comment tenir compte par ailleurs des enjeux environnementaux dont les conséquences se produiront dans cinquante, cent ou deux cents ans ? En janvier 2005, pour répondre en partie aux questions sur les conséquences de long terme du réchauffement climatique et sur le poids des coûts de ses nuisances dans les évaluations, le Commissariat Général du Plan (CGP, 2005) procédait à une révision du taux d'actualisation, référence utilisée dans l'évaluation de la rentabilité socio-économique des projets d'investissement publics. En 2005, le taux d'actualisation de base a été ramené de 8 % à 4 %.

Ainsi le calcul économique est déconsidéré. Sa crédibilité est remise en cause. Pourtant comme nous le verrons, s'il n'est pas un instrument parfait, le calcul économique reste ce qu'il y a de mieux pour orienter et éclairer les choix d'investissements. En traduisant dans un langage commun à tous les projets des préoccupations diverses, le calcul économique permet de chiffrer le coût d'une décision non optimale par rapport à celle que le calcul économique conduirait à recommander. Le calcul économique apparaît aussi comme un instrument révélateur des préférences collectives et contribue, en laissant le débat ouvert, à la dynamique du processus de tâtonnement et de corrections successives des valeurs tutélaires des effets non marchands.

Démarche de travail

À travers deux problématiques d'actualité, l'insécurité routière et le réchauffement climatique, et à l'aide d'outils de simulation développés à partir des méthodes et valeurs en vigueur, nous avons voulu répondre d'une manière concrète aux interrogations soulevées par les critiques adressées au calcul économique. Ce travail s'inscrit avant tout dans une démarche didactique et pratique.

- Quels sont le rôle et l'intérêt du calcul économique ?
- Comment le calcul économique prend-il en compte les effets non marchands ? Quels sont leur poids dans les évaluations socio-économiques ?
- Que peut nous apprendre le calcul économique sur les préférences collectives en matière de valorisation des effets non marchands ?

À travers les réponses à ces questions, un des objectifs de la thèse sera de dresser, en quelque sorte, un état des lieux du calcul économique aujourd'hui dans le domaine des transports routiers sur les deux sujets qui nous intéressent. Il sera aussi de montrer le rôle du calcul économique en tant qu'outil pédagogique qui nous révèle l'importance d'aborder la problématique des nuisances des transports routiers interurbains d'une autre manière que celle liée à la fixation des prix fictifs (valeurs) des effets non marchands.

La question du rôle et de l'intérêt du calcul économique seront abordées, en particulier, sous l'angle de l'insécurité routière, à travers l'implication des coûts économiques engendrés par les accidents de la route. Nous verrons comment le calcul économique peut aider la collectivité dans ses choix d'investissement. La question de la prise en compte et de la considération des effets non marchands sera abordée à travers l'analyse de leur poids relatif dans les résultats de rentabilité socio-économique d'un projet d'infrastructure de transport interurbaine. Le rôle pédagogique du calcul économique apparaîtra en pratiquant un 'calcul économique à l'envers'. Cette démarche révélera l'existence d'une pluralité de valeurs tutélaires mais surtout l'importance d'agir sur les volumes relatifs des avantages et des nuisances plutôt que de se focaliser uniquement sur leurs prix.

Plan de travail

Notre travail est constitué de quatre chapitres.

Le premier chapitre sera introductif. Il permettra d'abord de se familiariser avec les notions auxquelles fait appel le calcul économique. Nous présenterons les fondements et les mécanismes du calcul économique ainsi que les principales critiques qui en découlent. Il permettra ensuite d'appréhender les enjeux liés à l'effet de serre et la sécurité routière.

Nous dresserons un état des lieux du rôle et de l'impact du transport routier dans ces deux domaines. Il permettra enfin de s'informer sur la manière dont ces enjeux sont abordés à travers les aspects législatifs et administratifs et de voir comment ces contraintes sont valorisées et prises en compte par le calcul économique.

Le deuxième chapitre nous permettra de comprendre comment le calcul économique joue son rôle d'outil d'aide à la décision en donnant des indications sur l'espace des choix publics dans le domaine de la sécurité routière. Après avoir rappelé les méthodes d'évaluation de la vie humaine et l'évolution des valeurs françaises, nous regarderons quelles sont les implications de ces valeurs en termes d'investissements sur les infrastructures. Nous ciblerons ensuite notre analyse sur un programme de recherche opérationnelle concernant la mise en place de dispositifs de sécurité embarqués à bord des véhicules (ARCOS). À partir de l'outil de simulation SIMSEC que nous avons développé dans le cadre de cette recherche, nous verrons quel peut être le consentement à payer de la collectivité pour de telles mesures.

Le troisième chapitre présentera un outil de simulation de rentabilité socio-économique que nous avons développé. Cet outil, baptisé SIMECO, est représentatif des pratiques du calcul économique telles qu'elles sont mises en œuvre par la collectivité pour évaluer des projets. L'objectif de ce chapitre sera de présenter la formalisation et la normalisation des calculs des méthodes d'évaluation. Dans un premier temps, nous présenterons le cadre d'analyse dans lequel s'inscrit l'outil. Dans un second temps nous présenterons les variables utilisées pour calculer les indicateurs de rentabilité et le calcul de la répartition du trafic qui est l'élément central dans les évaluations. Dans un troisième temps, nous présenterons et détaillerons le bilan socio-économique pour la collectivité, qui est le critère d'appréciation de l'efficacité socio-économique d'un projet.

Le quatrième chapitre aura un double objectif. Il s'intéressera, d'abord, aux relations entre les résultats de rentabilité et les variables prises en compte pour effectuer leurs calculs. L'outil SIMECO nous servira à mettre en lumière ces relations en présentant la sensibilité des résultats aux différentes variables de calcul et en particulier aux valeurs tutélaires. Nous verrons le poids relatif de ces variables dans la détermination du bénéfice pour la collectivité. Il s'intéressera ensuite à l'art de faire du 'calcul économique à l'envers'. En prenant en compte les propositions avancées d'abaisser la vitesse réglementaire sur les autoroutes afin de réduire les émissions de CO₂ et en considérant les baisses des vitesses observées depuis quelques années suite à l'effort de la collectivité en faveur de la sécurité routière, cette démarche nous permettra de révéler une pluralité de valeurs tutélaires mais surtout de montrer que la prise en compte de nos deux contraintes peut passer également en agissant sur leur volume et pas uniquement sur leur prix.

Chapitre I. Le calcul économique et les contraintes du secteur des transports routiers

« La science, comme l'amour, est aveugle. Voilà pourquoi elle se plaît à procéder par tâtonnements. » Jean O'Neil, Extrait de Giriki et le prince de Quécan, 1982

Introduction

Le secteur des transports routiers engendre ce que les économistes appellent des effets externes négatifs. Parmi eux, il y en a deux notamment sur lesquels nous nous focaliserons : l'insécurité routière et les émissions de gaz à effet de serre. Ces deux effets sont devenus des sujets d'actualité depuis que la sécurité routière a été déclarée grande cause d'intérêt national ⁶, suite notamment à la stagnation des bilans annuels du nombre de tués sur les routes françaises, et depuis que les conséquences ⁷ du réchauffement climatique se manifestent et viennent de plus en plus inquiéter la population. Ces deux effets externes apparaissent comme des contraintes pour la collectivité qui doit en corriger

⁶ Jacques Chirac a fait de la sécurité routière un des grands chantiers de son quinquennat.

les impacts négatifs soit en les atténuant, soit en les évitant, pour se prémunir de leurs conséquences économiques, sociales et environnementales.

Ces contraintes liées aux transports et en particulier aux transports routiers obligent donc la puissance publique à les prendre en considération dans ses choix d'investissements et notamment dans les choix d'infrastructures routières. En effet, le choix de créer une nouvelle infrastructure de transport n'est pas neutre, compte tenu de son impact dans l'espace et dans le temps, vis-à-vis de ces effets et soulève de nombreuses questions sur la valorisation de ces effets négatifs. Pour effectuer ses choix, la collectivité fait appel au calcul économique, par le biais des analyses coûts-avantages. Ainsi dans les évaluations socio-économiques des projets routiers, l'insécurité routière et les émissions de carbone sont pris en compte par le biais d'une valorisation de leurs impacts. Pour ce faire, la puissance publique normalise des valeurs, dites tutélaires, qui correspondent à une appréciation de ce qui est raisonnable de dépenser pour éviter un tué sur les routes ou l'émission d'une tonne de carbone dans l'atmosphère.

Concernant les conséquences de l'insécurité routière, elles sont depuis la fin des années soixante, prises en compte dans les évaluations socio-économique des projets à travers l'instauration de valeurs de la vie humaine. Ces valeurs résultent d'une appréciation de ce qu'il est raisonnable de dépenser, compte tenu des préjudices matériels et moraux causés par les accidents à la collectivité, pour éviter un tué ou un blessé (Baumstark, 2004b). Quant aux conséquences liées aux émissions de gaz à effet de serre, elles ne sont valorisées dans les évaluations de projet que depuis quelques années. L'accélération des connaissances scientifiques et l'émergence d'un consensus sur les conséquences du réchauffement climatique⁸ ont poussé progressivement la puissance publique à considérer cette contrainte dans les évaluations à travers la valorisation de la tonne de carbone. Cette valeur résulte d'une appréciation de ce qu'il est raisonnable de dépenser, compte tenu des obligations internationales et nationales ainsi que des conséquences que le réchauffement climatique pourrait entraîner, pour éviter l'émission d'une tonne de carbone dans l'atmosphère (CGP, 2001).

Récemment, le Commissariat Général du Plan présentait l'ensemble des avancées réalisées dans l'analyse des nuisances et de leurs conséquences et actualisait les valeurs tutélaires qui étaient alors en vigueur, suite à son précédent rapport (CGP, 1994). Pendant la rédaction de ce rapport, des discussions « animées » ont eu lieu entre l'ensemble des représentants institutionnels, scientifiques et experts, pour savoir quel montant associer à telle ou telle valeur. De l'ensemble de ces débats ont émergé les valeurs que nous connaissons aujourd'hui. Ainsi, et au-delà du fait que l'accroissement du niveau de vie et de la richesse du pays majore les différentes valeurs, l'actualisation de ces dernières a représenté pour certaines d'entre elles un véritable bond en avant dans la

⁷ Canicules, tempêtes et inondations ont été les principaux phénomènes observés en France et en Europe ces dernières années. Même s'il est difficile de dire avec certitudes que ces phénomènes sont directement liés au changement climatique, ils sont représentatifs, selon les scientifiques, des conséquences à craindre d'un réchauffement de la planète.

⁸ Voir à ce sujet le dernier rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat sorti en février 2007. <http://www.ipcc.ch/>

valorisation entérinée par la collectivité des avantages et nuisances liés au transport routier. C'est le cas pour les valeurs de la vie humaine notamment. Suite à ce rapport, le Ministère des Transports a émis une instruction-cadre (Ministère des Transports, 2004/2005) qui rend effectives les principales recommandations de ce rapport. Cette instruction, comme l'étaient les précédentes, doit être utilisée par les décideurs locaux, régionaux ou nationaux pour mesurer la rentabilité de chaque projet. Elle est représentative de ce qu'est, dans la pratique, le calcul économique aujourd'hui en France dans le secteur du transport routier.

En matière d'infrastructure routière, le choix de réaliser ou non un projet dépend en partie de la rentabilité socio-économique de ce projet. Si la démarche de calcul économique qui est suivie pour évaluer le projet repose sur des bases théoriques anciennes, la prise en compte des effets externes est relativement récente. Ainsi le calcul économique s'est progressivement enrichi de nouvelles composantes au fil du temps, notamment afin de prendre en compte les obligations créées par la nécessité de faire face aux conséquences socio-économiques des accidents de la route et du réchauffement climatique. Les valeurs tutélaires de ces contraintes font périodiquement fait l'objet de rehaussements et d'ajustements. Cette dynamique de valorisation de ces valeurs normalisées pour le calcul économique s'inscrit d'un processus de tâtonnement qui dépend en grande partie des connaissances scientifiques sur ces sujets, des avancées méthodologiques dans le domaine de la recherche et également de l'évolution des attentes des citoyens et des décideurs vis-à-vis de ces effets négatifs. Ce caractère expérimental du calcul économique l'expose à de nombreuses critiques, notamment sur la légitimité des évaluations monétaires au sein du processus de décisions d'une part et sur le montant et la place des valeurs tutélaires d'autre part. Les fondements et le rôle du calcul économique sont de fait remis en cause.

Dans ce chapitre introductif, nous dresserons un état des lieux du calcul économique et des contraintes qu'il doit prendre en compte.

- Dans un premier temps, nous reviendrons sur les fondements et le fonctionnement du calcul économique ainsi que sur les critiques qui lui sont faites. Ces rappels permettront de se familiariser avec les notions et les outils utilisés par le calcul économique et également de voir où se situent les enjeux du calcul économique.
- Dans un deuxième temps, nous présenterons les deux contraintes auxquelles est confronté en particulier le calcul économique : le réchauffement climatique tout d'abord et l'insécurité routière ensuite.
- Dans un troisième temps, nous regarderons comment ces deux contraintes ont été prises en compte par le calcul économique par le biais des obligations législatives et administratives et par le biais de leur valorisation monétaire dans les évaluations.

1. Un état des lieux du calcul économique : fondements, mode d'emploi et critiques

Le calcul économique a connu plusieurs évolutions liées aux périodes et contextes qu'il a traversés (Etner, 1987 ; Walliser, 1990). Mais les fondements du calcul économique des investissements publics, tels qu'ils se rapprochent le plus des pratiques que nous rencontrons aujourd'hui (Jeanjean, 1975 ; Lesourne, 1972), peuvent être attribués à Jules Dupuit. Cet ingénieur des Ponts et Chaussées au XIX^e siècle fut le premier à introduire les concepts d'utilité et d'intérêt général dans le choix des projets publics. L'ensemble de l'œuvre de Jules Dupuit est une vaste réponse aux questions auxquelles il est confronté dans sa fonction au sein de l'administration française. L'une des principales préoccupations est d'établir des outils susceptibles d'évaluer de manière objective l'intérêt des travaux publics. À l'époque, les questions ne manquent pas. Le réseau routier nécessite d'être renforcé. Les chemins de fer posent aux autorités la question de l'opportunité des aides publiques. Le développement du réseau navigable, qui subit la concurrence des autres modes de transport, impose à l'État des montants d'investissements considérables. Les enjeux économiques et les controverses qui se rattachaient à ces questions sont claires (Dupuit, 1873). « *Les voies de communications soulèvent une foule de questions économiques sur lesquelles on est loin d'être d'accord : questions de fait, questions de principes. Quelles sont les voies les plus avantageuses ? Comment doit se constater et se mesurer leur utilité ? Qui doit en supporter les frais d'établissement ? Qui doit les exécuter ? Qui doit les exploiter ?* »

Ainsi Jules Dupuit a posé les fondements de la notion d'utilité des travaux publics et a soulevé les premières grandes questions auxquelles le calcul économique public moderne aurait à répondre.

1.1. Les fondements du calcul économique

Le calcul économique public est un prolongement des méthodes utilisées dans le domaine de la théorie micro-économique, à la différence qu'il cherche à maximiser l'utilité collective et non le profit. Il s'agit pour la collectivité de connaître l'utilité de ses investissements, en valorisant l'ensemble des effets, notamment ceux non marchands, dans un souci d'intérêt général.

Le calcul économique public fait appel à différentes notions, parmi elles nous trouvons :

- la notion d'utilité et de variation du surplus collectif,
- la notion d'actualisation ou la question de la prise en compte du temps,
- la notion de monétarisation des effets externes ou la question de la prise en compte des effets non marchands,
- la notion de rentabilité et des indicateurs économiques qui s'y rattachent.

1.1.1. La notion d'utilité et de surplus

La notion d'utilité en économie peut se définir comme la satisfaction que procure, à un individu, l'utilisation d'un bien ou service (l'utilisation d'une autoroute, l'utilisation du train

pour se déplacer, etc.). Ainsi, la courbe d'utilité exprimée par une personne vis-à-vis de ce bien ou service en fonction des quantités disponibles et du prix est couramment représentée de manière décroissante. Plus le prix augmente et moins la quantité demandée est importante.

La notion de surplus résulte de la différence entre un prix consenti par un acteur et le prix du marché. Si la situation évolue, avec par exemple une augmentation des quantités disponibles du bien considéré, l'utilité globale que l'utilisateur en tirera augmentera à hauteur de la valeur totale qu'il attribue aux nouveaux usages qu'il pourra en avoir. Cette variation de l'utilité totale est dénommée variation du surplus de l'utilisateur.

Le passage du concept d'utilité et de variation du surplus au niveau collectif s'effectue par une double opération :

- tout d'abord la courbe d'utilité d'une personne est ramenée en unité monétaire, à partir des sommes qu'elle est prête à verser pour différentes quantités mises à sa disposition ;
- ensuite, il est considéré que les fonctions d'utilité des différentes personnes, une fois monétarisées, peuvent s'additionner, permettant de calculer une courbe d'utilité collective et une variation du surplus collectif.

Cette double opération se fait cependant au prix de deux imprécisions. D'une part, elle suppose que l'unité de mesure de l'utilité est neutre et que la valeur de l'argent reste identique quel que soit, notamment, le revenu des personnes considérées. D'autre part, elle gomme les spécificités des préférences de chacun. Si elle rend compte d'une modification de l'utilité collective globale liée à une variation de la quantité d'un bien non marchand, elle ne permet par contre pas de savoir s'il existe des intérêts divergents entre les acteurs concernés.

Prenons un exemple pour illustrer ces deux notions.

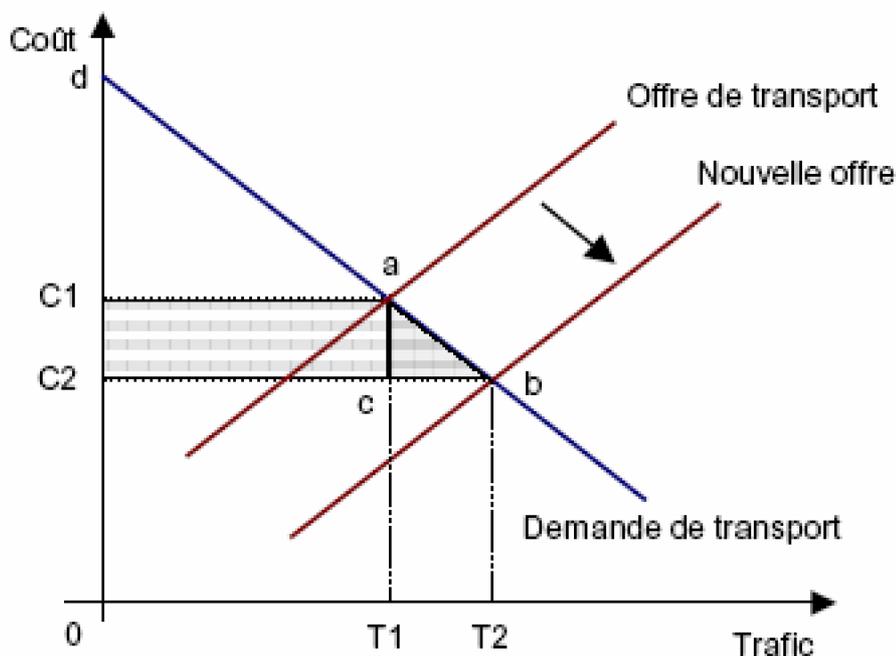


Figure 1. Représentation des notions d'utilité et de surplus

Pour un service donné, comme l'utilisation d'une infrastructure de transport, le consentement à payer des différents usagers classés par ordre décroissant forme la courbe de demande ou d'utilité, qui est par simplification représentée par une droite. Considérons la courbe de demande ci-dessus qui indique les prix que les usagers de la route seraient disposés à payer pour emprunter l'itinéraire ou dit autrement les coûts de circulation que les usagers seraient prêts à supporter. Supposons que nous nous situions au départ en $a (C1, T1)$, à ce point nous avons pour un coût de circulation $C1$ un niveau de trafic $T1$.

En a , la disposition à payer est donc égale à :

- $0T1aC1$, somme que les usagers paient effectivement,
- $C1ad$, somme que les usagers seraient disposés à payer en plus, mais qu'ils ne supporteront pas compte tenu du prix d'équilibre $a (C1, T1)$.

Supposons maintenant que la mise en place d'une infrastructure de transport baisse le coût du transport de $C1$ à $C2$, ce qui conduit les usagers à demander la quantité $T2$. La disposition à payer des usagers qui était de $0T1aC1$ va passer à $0T2bC2$. Par rapport au coût $C1$, ils vont faire une économie de $C2baC1$, ce qui constitue leur variation de surplus. Cette variation peut être décomposée en deux parties :

- la partie $C2caC1$ qui correspond à l'économie réalisée par ceux qui empruntaient déjà l'itinéraire (anciens usagers de la route) avant que n'intervienne le projet d'infrastructure.
- la partie abc qui correspond à l'économie sur la disposition à payer dont bénéficient

les nouveaux usagers qui viennent s'ajouter aux précédents et qui peuvent désormais emprunter l'itinéraire du fait de la baisse du prix.

Lorsqu'une nouvelle infrastructure est mise en service, les usagers de la route ne sont pas les seuls à être concernés. Ainsi, au surplus des usagers viennent s'ajouter les pertes ou les gains de surplus pour la collectivité et pour les différents agents économiques concernés par un changement du système de prix. Pour un projet d'infrastructure de transport nous pouvons citer parmi ces agents :

- la collectivité dans son ensemble qui est concernée par les variations des pollutions, de l'insécurité routière et du bruit ;
- l'État qui est concerné par les variations des recettes fiscales et/ou de coûts d'exploitation et d'entretien ;
- les entreprises de transports qui sont concernés par les variations de leur Excédent Brut d'Exploitation.

La variation du surplus collectif entraîné par un projet est donc la résultante des variations des différents surplus des acteurs concernés. Les effets non marchands entrent également en compte dans les calculs. Avant de voir comment ces effets sont valorisés, regardons comment le calcul économique aborde la question du temps dans ces évaluations.

1.1.2. L'actualisation des flux monétaires

Parce qu'il n'est pas équivalent de disposer de ressources tout de suite ou dans un délai de plusieurs années, il importe de mesurer la perte de valeur d'une somme d'argent qui ne serait disponible qu'après un certain laps de temps. L'actualisation en économie permet de prendre en compte la dimension temporelle et de comparer des sommes à des horizons distincts. Ce mécanisme introduit dans les calculs de rentabilité le rythme temporel des flux monétaires.

a) Le principe de l'actualisation

Le principe de l'actualisation est le symétrique du principe de la capitalisation. En plaçant un capital C_0 sur un marché avec un taux d'intérêt r à l'année 0, le capital à l'année n est de C_n avec : $C_n = C_0 * (1 + r)^n$

Pour l'actualisation, un taux d'actualisation α , représentatif des préférences de disponibilité d'argent dans le temps, est utilisé. Un euro disponible dans un an est équivalent à $(1 + \alpha)$ euros disponible aujourd'hui. La notion de Valeur Actuelle d'une somme d'argent est définie par le biais de la formule suivante : $V_0 = F_n / (1 + \alpha)^n$. La valeur actuelle V_0 d'une somme F_n disponible dans n années est ainsi pondérée par le facteur $(1 + \alpha)^n$.

Il faut cependant éviter ici deux interprétations erronées du taux d'actualisation (Gamot, 1990) :

- ce taux n'a rien à voir avec l'inflation, processus d'augmentation des prix : le raisonnement économique se fait en général en euros constants.
- ce taux n'est pas assimilable, dans ses fondements, avec le taux d'intérêt bancaire, qui exprime le coût de l'argent.

Le taux d'actualisation est l'expression d'une préférence pour le présent. Il est exprimé en pourcentage : plus a est grand, plus le fait d'attendre vient pénaliser la valeur actuelle de la somme d'argent. Ceci induit de fait une préférence pour le court terme. Dans le cas des investissements publics en France, le taux d'actualisation qui était de 8 % vient de passer à 4 % (CGP, 2005). Le graphique suivant nous montre l'influence de ce taux d'actualisation sur les sommes perçues dans le futur.

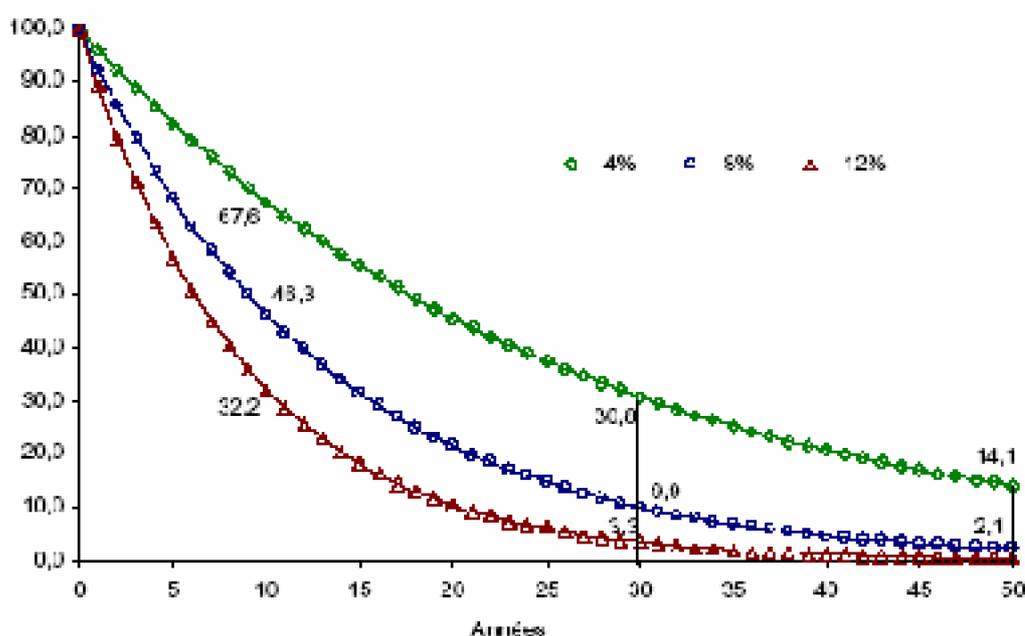


Figure 2. Effet du taux d'actualisation sur une somme de 100 euros

La courbe supérieure correspond au taux d'actualisation de 4 % et montre comment la disponibilité d'une somme de 100 € ne vaut plus que 67,6 € dans 10 ans et 30,8 € au bout de 30 ans. Plus le taux d'actualisation est fort, plus l'effet du temps vient réduire la valeur d'une somme d'argent. Ainsi la courbe inférieure correspond à un taux d'actualisation de 12 %, elle montre que 100 € disponibles dans 10 ans ne valent aujourd'hui que 32,2 € et cette même somme disponible dans 30 ans vaut seulement 3,3 €.

Nous voyons ainsi clairement que plus le taux d'actualisation est élevé, plus est forte la préférence pour le court terme, puisque les sommes disponibles dans de nombreuses années ont quasiment perdu toute leur valeur.

b) Le taux d'actualisation et la valorisation des effets non marchands

Le niveau du taux d'actualisation pris en compte pour les calculs de rentabilité peut avoir

un impact non négligeable sur l'importance des coûts et des gains. Plus les gains ou les coûts considérés sont éloignés dans le futur, plus leur valorisation est faible. Plus le taux est élevé, plus cet effet d'écrasement est important. Cette relation pose particulièrement le problème de la prise en compte à long terme des considérations environnementales. Comment les conséquences dues au réchauffement climatique doivent-elles être prises en compte aujourd'hui alors que ses conséquences se manifesteront dans 50, 100 ou 200 ans ? L'actualisation, qui reste une opération purement mathématique, apparaît dès lors incompatible avec certaines préoccupations de la société concernant le long terme.

Pour répondre en partie à ce problème, en 2005, la puissance publique a décidé de réviser le dispositif en vigueur en France depuis 1985 et d'abaisser le taux d'actualisation. Ainsi, suite aux travaux du Commissariat Général du Plan sur ce sujet, sous la présidence de Daniel Lebègue (CGP, 2005), le taux d'actualisation est passé de 8 % à 4 % et suit une règle d'évolution qui l'amène à 3,5 % après 2034 et à 3 % après 2054.

Quel est l'effet d'une telle décision sur l'importance des gains de sécurité routière et des coûts liés à l'effet de serre ? Selon la règle d'évolution définie par le Commissariat Général du Plan qui fait évoluer de +3 %/an après 2010 la valeur d'une tonne de carbone (tCb), cette valeur à l'horizon 2030 serait de 181 €/tCb. Selon le taux d'actualisation en vigueur aujourd'hui et selon la règle d'évolution de ce taux dans le temps, cette même valeur est comptabilisée dans les calculs de rentabilité à 68 € en 2005. Avec l'ancien taux d'actualisation de 8 %, cette valeur aurait été de 26 €. Ainsi avec le changement de taux d'actualisation, la prise en compte dans les calculs des coûts liés à l'effet de serre dans le futur est renforcée.

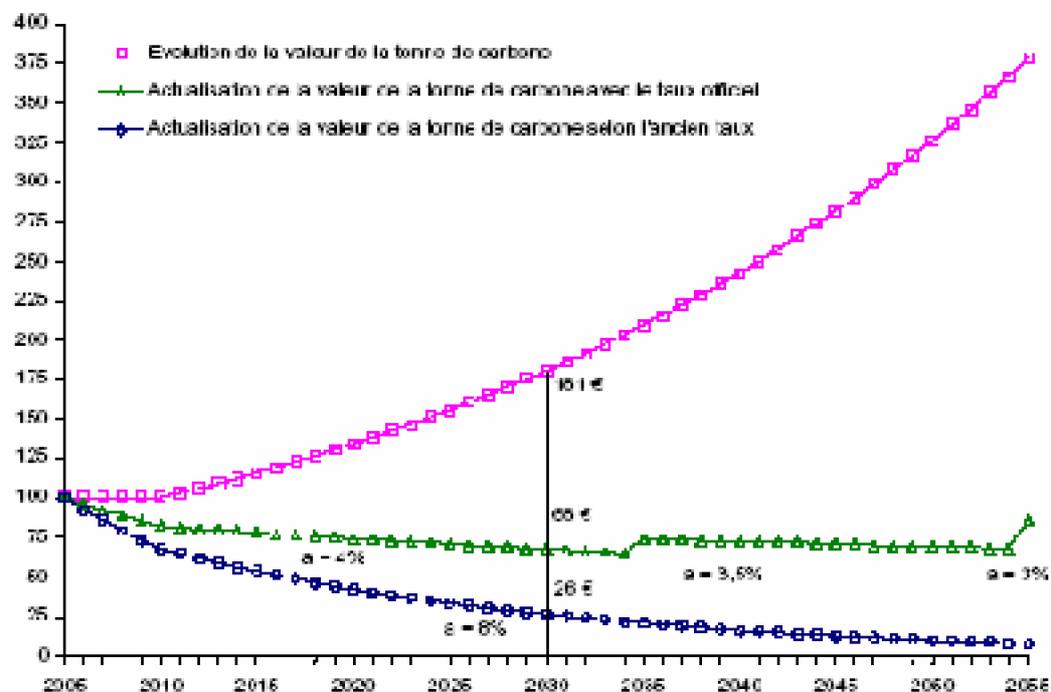


Figure 3. Impact du taux d'actualisation sur la valeur de la tonne de carbone

De la même manière, les valeurs de la vie humaine sont mathématiquement

rehaussées. Regardons ce que cela donne avec la valeur tutélaire d'un tué. Selon la règle d'évolution définie par le Commissariat Général du Plan d'augmenter de +1,6 %/an les valeurs de la vie humaine, qui est l'hypothèse moyenne d'évolution de la consommation finale des ménages par tête, la valeur du tué, à l'horizon 2030, serait de 1 691 K€. Selon le taux d'actualisation en vigueur aujourd'hui et selon la règle d'évolution de ce taux dans le temps, cette même valeur est comptabilisée dans les calculs de rentabilité à 634 K€ en 2005. Avec l'ancien taux d'actualisation de 8 %, cette valeur aurait été de 247 K€.

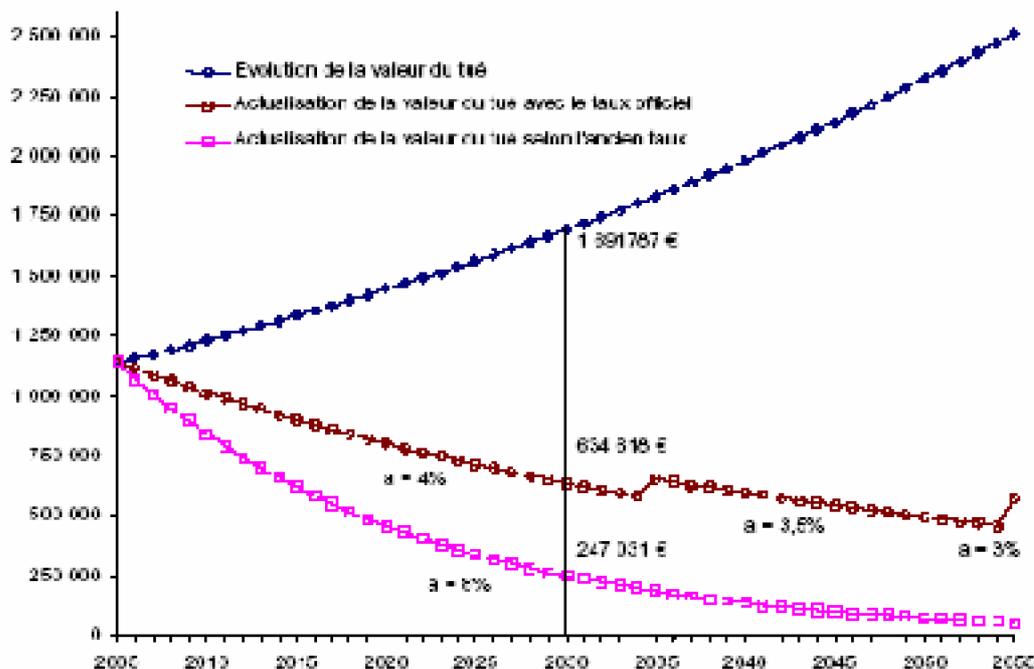


Figure 4. Impact du taux d'actualisation sur la valeur du tué

Le taux d'actualisation joue donc fortement sur le niveau des valeurs des effets non marchands pris en compte. De la même manière, les règles d'évolution des systèmes de prix relatifs de ces effets peuvent avoir une certaine influence sur le montant et donc sur les résultats de rentabilité.

Avant de nous intéresser à la notion de rentabilité et aux indicateurs qui s'y rattachent, penchons-nous d'abord sur les méthodes de monétarisation de ces effets non marchands.

1.1.3. La prise en compte des effets non marchands

Un autre concept, utilisé par le calcul économique, est celui des effets non marchands. En théorie, l'ensemble des effets entraînant un gain ou une perte de surplus pour la collectivité et pour l'ensemble des agents économiques doit être pris en compte pour le calcul de la rentabilité socio-économique d'un investissement public. En pratique, pour les effets non marchands, dont il n'existe pas de marché et donc pas de prix à proprement parler, seuls quelques effets sont pris en compte dans les calculs. Pour y parvenir, il faut

passer par une procédure de monétarisation qui permet d'affecter un prix ou une valeur à ces effets externes.

Dans une économie de marché, la valeur des biens et des services est généralement chiffrée sur la base de leur valeur marchande. La valeur d'un bien est ainsi égale au prix à acquitter pour l'acheter ou obtenu en le vendant. Ce prix de marché reflète ce que les consommateurs ou producteurs sont prêts à payer ou à recevoir, c'est-à-dire ce que le produit vaut pour eux. L'observation des prix du marché est donc une façon très facile de déterminer la valeur économique d'un bien. Mais, étant donné qu'il n'y a guère de marché où négocier, par exemple, un air plus pur ou une réduction des accidents de la route, la détermination de la valeur monétaire des effets externes est extrêmement difficile. Face à cet obstacle, la prise en compte de ces effets se fonde sur un processus de monétarisation.

Dans la pratique, en matière d'évaluation d'infrastructures de transport, cette prise en compte s'effectue grâce à des valeurs unitaires, dites « valeurs tutélaires ». Fixées par l'État sur les préconisations du Commissariat Général du Plan (CGP, 1994, 2001), les valeurs tutélaires sont des valeurs consenties par la collectivité et traduisent ses choix.

- Les valeurs tutélaires sont des valeurs normatives, c'est-à-dire définies *a priori* par l'État qui permet de monétariser les coûts non monétaires.
- Ces valeurs sont fixées en fonction du prix (réel ou fictif) que la collectivité est prête à payer pour obtenir ce bien (avantage) ou pour s'en débarrasser (nuisances). En pratique c'est l'observation des comportements qui guide la puissance publique sur la détermination de la valeur de chaque bien non marchand.
- Les valeurs tutélaires sont incontournables pour certains effets : la valeur du mort, les biens environnementaux.
- Cette valorisation et cette simplification sont justifiées à la fois pour des raisons opérationnelles de calcul, mais également par la volonté d'utiliser, quel que soit le projet étudié, une même batterie d'équivalents monétaires, de façon à ne pas introduire dans les choix d'investissement opérés par l'État, des distorsions régionales ou sectorielles par exemple.

La fixation des valeurs tutélaires est fondée sur les résultats obtenus avec différentes méthodes d'évaluation. En effet, les économistes ont mis au point et souvent utilisé différentes méthodes pour résoudre le problème posé par l'absence de prix de marché. Ils ont pour ce faire tenté, soit de tirer des informations des marchés existants pour les transposer à l'externalité en question, ce sont les méthodes indirectes qui se basent sur le principe des marchés de substitution, soit de déterminer les préférences des personnes directement par d'autres méthodes, ce sont les méthodes directes qui tentent de créer des marchés fictifs.

Nous présentons ici de manière rapide et condensée les principales méthodes utilisées pour mesurer les coûts externes dans les transports. Pour une classification plus complète des méthodes, le lecteur pourra se reporter à celle effectuée par l'INRETS qui a l'avantage de les présenter toutes (Lamure et Lambert, 1993 ; Lambert et Matheron, 1994).

a) Les méthodes fondées sur la fonction des dommages / réponse proportionnelle à la dose

Cette méthode ne tente pas de mesurer directement les préférences des personnes, mais d'établir une relation, fondée sur des bases scientifiques, entre la pression observable exercée sur l'environnement (émission de polluants, bruit, *etc.*) et l'impact observable (augmentation du taux de morbidité ou de mortalité, *etc.*). Ce dernier facteur est le seul à être évalué en termes monétaires. Cette méthode semble intéressante parce qu'elle se fonde sur des données scientifiques établies, mais elle limite l'évaluation monétaire aux coûts visibles sur le marché (coûts d'hospitalisation, *etc.*). La méthode présente donc l'inconvénient de ne pas pouvoir déterminer combien les personnes sont prêtes à dépenser pour réduire le risque de dommage en cas d'incertitude scientifique. Dans la pratique, la méthode amènera donc souvent à sous-estimer les coûts d'une externalité donnée.

b) Les méthodes des coûts de prévention

Elles sont sans doute les plus simples à mettre en œuvre. Elles reviennent à prendre en compte le coût de la mise en place de système de réduction des nuisances soit à la source (par exemple le pot catalytique) soit à la réception (par exemple le mur antibruit ou le double vitrage). La méthode permet ainsi de disposer assez aisément d'un coût total de mise en œuvre de diverses techniques d'évitement. Le principal avantage de cette méthode réside dans le fait que les coûts de prévention sont relativement faciles à calculer étant donné que le coût des technologies d'aval (convertisseurs catalytiques, *etc.*) ou d'autres moyens de défense (double vitrage à isolation phonique, *etc.*) est généralement bien connu.

c) Les méthodes hédonistes

Cette méthode consiste à rechercher un marché où des biens sont échangés pour observer l'incidence des paramètres environnementaux sur les prix qui y sont pratiqués (marchés dits de substitution). Les méthodes "hédonistes" les plus couramment utilisées observent les valeurs des biens immobiliers pour estimer la valeur monétaire des coûts externes. Cette méthode est souvent utilisée pour estimer le coût du bruit des transports. Si, par exemple, le bruit de la circulation routière dégrade la qualité de vie des habitants d'un immeuble ou d'une maison, il est probable que le prix des logements dans cet immeuble ou de cette maison sera inférieur aux prix des logements identiques dans un immeuble de la même zone exposé de façon beaucoup plus faible au bruit. En recherchant la différence de prix entre deux biens similaires, mais exposés différemment aux nuisances, la méthode permet d'obtenir une évaluation implicite du coût économique de la nuisance. Il est évident que la méthode hédoniste ne permet d'évaluer le coût que des seuls impacts dont les personnes ont conscience.

d) Les méthodes des préférences déclarées

Cette méthode est la plus proche de ce que qu'il serait idéalement souhaité du point de

vue économique, à savoir une expression des préférences en termes monétaires sur un marché. Cette méthode fait appel à des entrevues ou questionnaires écrits pour quantifier, par le biais de la disposition à payer, l'atteinte que les citoyens jugent avoir été portée à leur bien-être par leur exposition à une dose donnée d'externalité (par exemple le bruit du trafic ou la diminution du risque d'être tué sur la route). Dans les études qui visent à déterminer la disposition à accepter, les intéressés sont de même invités à préciser la compensation financière à la détérioration de leur environnement qu'ils devraient obtenir pour se trouver aussi bien qu'avant. Les deux procédures n'arrivent pas nécessairement à la même valeur monétaire.

e) Des méthodes fondées de plus en plus sur les préférences déclarées

Le choix de la méthode d'évaluation peut influencer profondément la détermination de la valeur monétaire. En règle générale, la méthode des préférences déclarées tend à attribuer aux coûts externes une valeur monétaire plus élevée que les autres méthodes parce qu'elle prend en compte beaucoup plus d'éléments de la valeur économique.

Un exemple permet d'illustrer le propos. La plupart des pays attribuent une valeur monétaire à une vie statistique pour évaluer le coût des mesures prises pour améliorer la sécurité routière. Ces valeurs varient toutefois considérablement d'un pays à l'autre. Il est intéressant de constater que dans les pays qui adoptent la méthode de la disposition à payer, la valeur monétaire tend à être deux fois plus élevée que dans les pays qui se limitent à des facteurs facilement mesurables tels que les dommages physiques ou la valeur de la production perdue. Pour illustrer l'exemple, les valeurs officielles de la vie humaine (Bristow et Nellthorp, 2000) utilisées dans les pays, comme la Suède notamment, qui s'appuient sur les méthodes de préférences déclarées, attribuent à la valeur d'un tué sur les routes un montant bien supérieur aux pays qui s'appuient sur les méthodes du capital humain compensé. Par exemple, la Suède attribue à la valeur du tué un montant de 1,64 millions d'écus (1994). Dans un autre ordre de grandeur, la France, lorsqu'elle s'appuyait sur les méthode du capital humain compensé attribuait au tué une valeur de 0,56 millions d'euros (1994).

L'un des inconvénients des méthodes de la disposition à payer ou de la disposition à accepter tient au fait qu'elles rendent, du fait de l'ampleur du travail à réaliser sur le terrain, les études plus chères que celles qui sont réalisées par d'autres méthodes et qu'il est difficile de transposer à d'autres études ou à d'autres lieux les résultats d'une estimation des avantages faite dans d'autres circonstances. Par ailleurs, les entrevues et les questionnaires doivent être conçus avec soin de façon à minimiser le risque de réponse stratégique ou l'apparition d'autres différences entre les préférences déclarées et les préférences réelles. En dépit de ces inconvénients, la méthode des préférences déclarées doit à sa nature globalisante et au fait même qu'elle se fonde directement sur les préférences des personnes interrogées d'être d'un point de vue économique sans doute la meilleure méthode d'évaluation des coûts ou avantages externes. Il est vraisemblable aussi qu'elle soit la seule méthode qui permette en principe de chiffrer en termes monétaires la valeur que les personnes accordent à la simple existence d'un patrimoine collectif rare ou à la possibilité de continuer à en profiter à l'avenir. Sa validité est maintenant acceptée par tous.

1.1.4. Les indicateurs de rentabilité d'un projet

Dernière notion utilisée par le calcul économique, celle de la rentabilité et des indicateurs qui s'y rattachent. Les indicateurs de rentabilité synthétisent le bilan global d'un projet en des valeurs monétaires exprimées pour toute la durée du projet ou pour une année donnée. Avant de passer en revue ces indicateurs, regardons d'abord ce que renferme la notion de rentabilité.

a) La notion de rentabilité d'un projet

La rentabilité d'un projet ne vise pas les mêmes objectifs selon l'acteur concerné. De la même manière les indicateurs de rentabilité ne seront pas construits de la même façon selon le type de rentabilité. Nous pouvons définir les différentes rentabilités selon deux approches. Il y a :

- la rentabilité socio-économique qui vise à mesurer l'utilité sociale de l'investissement et qui est centrée sur la mesure de la variation du surplus des différents agents concernés,
- la rentabilité financière, calculée pour chaque agent participant au financement du projet, en fonction de la part des financements qui lui revient.

Tableau 1. Les deux approches de la notion de rentabilité

	Rentabilité financière	Rentabilité socio-économique
Objectifs	Mesurer la faisabilité	Mesurer l'utilité
Acteurs	Puissance publique Opérateur privé	Puissance publique Autres agents
Facteurs pris en compte	Flux monétaires réels Prend en compte le mode de financement	Flux monétaires réels + Flux monétarisés (effets non marchands)
Principaux indicateurs	Valeur Actualisée Nette (publique/privé) Taux de Rentabilité Interne (publique/privé) En euros courants	Bénéfice actualisé (publique) Taux de Rendement Économique (publique) En euros constants
Critères	$VAN > 0$ $TRI > 8, 10, 12, 15, 20$ ou 25% selon les opérateurs	$Bénéfice > 0$ $TRE > 4 \%$

Source : (Faivre d'Arcier et al, 2002)

Les différentes rentabilités sont complémentaires lors d'une évaluation d'un projet. Par ailleurs, lorsqu'un projet est concédé, comme c'est le cas pour certaines autoroutes, la rentabilité financière permet de calculer, si besoin est, le taux de subvention publique nécessaire à la viabilité financière du concessionnaire.

b) Les différents indicateurs de rentabilité

Nous présentons ici uniquement les indicateurs de rentabilité les plus utilisés du point de

vue de la collectivité. Il s'agit du bénéfice actualisé pour la collectivité, du taux de rendement économique et du bénéfice actualisé par euro investi. Contrairement à un calcul financier qui est établi en monnaie courante, c'est-à-dire qui tient compte de l'inflation, les calculs socio-économiques sont menés en monnaie constante, sans prendre en compte l'augmentation des prix.

i) Le bénéfice actualisé pour la collectivité

C'est par définition la différence entre les avantages et les coûts de toutes natures, eux-mêmes actualisés, induits par l'opération. Les coûts et les avantages actualisés sont calculés par rapport à une situation de référence. Le calcul est fait en monnaie constante. Par convention, l'année t_0 est celle qui précède la mise en service de l'ouvrage.

Le bénéfice actualisé pour la collectivité mesure la variation d'utilité collective liée au scénario d'aménagement et permet d'apprécier l'intérêt d'un projet pour la collectivité au regard du calcul socio-économique : faire ou ne pas faire ; faire maintenant ou faire plus tard. Il éclaire également le choix entre variantes ou projets alternatifs. Pour la collectivité, le bénéfice actualisé est le meilleur critère pour choisir ou refuser un investissement. Cet indicateur permet également de comparer et de sélectionner le scénario d'aménagement le plus avantageux. Le critère de choix d'un scénario consiste à retenir parmi ceux qui ont un bénéfice actualisé positif, celui dont le bénéfice actualisé est maximal. La formule du bénéfice actualisé est la suivante :

$$B_{2004} = - \frac{I_{2004}}{(1+a)^{t_0-2004}} + \sum_{t=t_0}^N \frac{A_{100t}}{(1+a)^{t-2004}} + \frac{VR}{(1+a)^T} \text{ avec :}$$

B_{2004} : bénéfice actualisé à l'année 2004

t_0 : année précédente la mise en service

I_{2004} : coût d'investissement, exprimé hors taxes

A_{100t} : avantage net de l'année $t_0 + t$

a : taux d'actualisation fixé par le Commissariat Général du Plan et applicable à des euros constants. Sa valeur, variable dans le temps, est de 4 % de 2005 à 2034, de 3,5 % de 2035 à 2054 et de 3 % au delà

N : durée de vie de l'opération

T : durée de vie du projet comptée à partir de l'année de mise en service

VR : valeur résiduelle de l'investissement

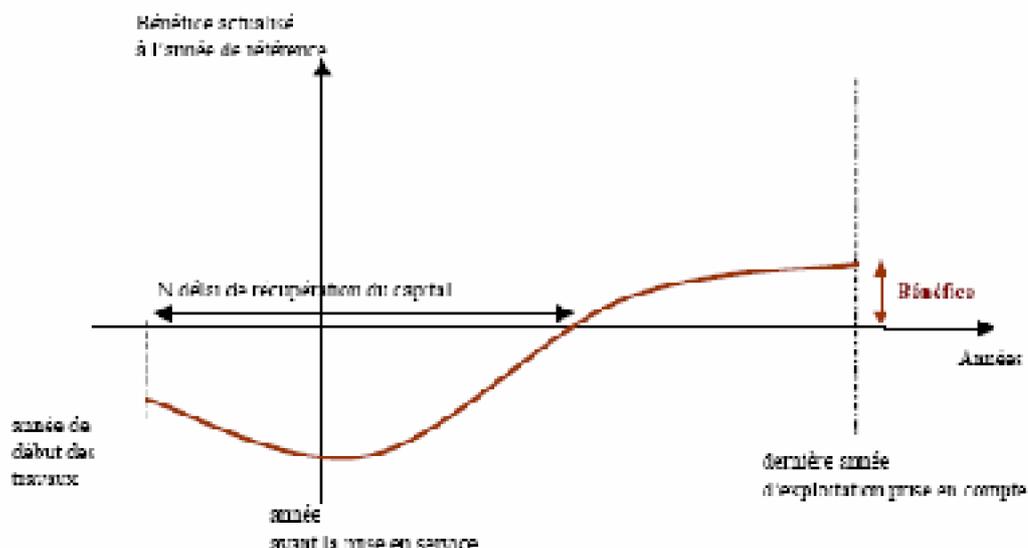


Figure 5. Représentation graphique du bénéfice actualisé pour la collectivité

Source : (Crozet, 2001)

ii) Le taux de rendement économique

Le taux de rendement interne est le taux d'actualisation qui annule le bénéfice actualisé. Il permet d'apprécier l'utilité du projet sans référence à un taux d'actualisation et de comparer ses avantages relatifs, immédiats ou futurs. De manière pratique, un projet peut être considéré comme intéressant pour la collectivité si le taux de rentabilité économique est supérieur au taux d'actualisation. En revanche, le taux de rentabilité économique ne permet pas de choisir entre deux projets mutuellement exclusifs : c'est le critère du bénéfice actualisé qui reste pertinent dans ce cas de figure. Un projet A qui présente un TRI supérieur à celui d'un projet B n'est ainsi pas nécessairement plus pertinent que ce projet B.

iii) Le bénéfice actualisé par euro investi

C'est le ratio du bénéfice actualisé par le coût actualisé du projet. Il permet de prendre en compte la contrainte de financement connue ou non, inhérente à tous les projets. Cet indicateur est utile pour comparer les projets alternatifs ou des variantes (de tracé ou de phasage) dont le coût d'investissement est significativement différent ou pour établir des priorités de programmation d'opérations indépendantes. Le bénéfice actualisé par euro investi permet de se prononcer sur l'opportunité, pour la collectivité, de réaliser un projet ou de choisir entre des projets alternatifs, placés chacun à leur date optimale de mise en service.

Le calcul économique fait appel, comme nous venons de le voir, à différentes notions qui ne sont pas toujours évidentes à comprendre. Par ailleurs, les avantages d'un projet sont formalisés par de simples formules mathématiques. Cette simplification de la réalité fait partie des critiques souvent adressées au calcul économique. Pour finir l'état de lieux

du calcul économique, regardons maintenant les principales critiques dont il fait l'objet.

1.2. Un calcul économique régulièrement remis en cause

Le scepticisme à l'égard du calcul économique n'est pas nouveau. Laure et Abraham en font déjà écho dans un article de 1969 (Abraham et Laure, 1969). « *Est-il réaliste, se demandent certains, de vouloir codifier des décisions qui requièrent la prise en considération de multiples éléments de valeur très différente et dont beaucoup sont purement subjectifs ?* » Déjà à cette époque, les questions concernant la validité des résultats du calcul économique étaient présentes.

De nos jours, le calcul économique continue à faire l'objet de vives critiques. La littérature et les réflexions sur ce sujet sont nombreuses (Roy et Damart, 2001 ; Baumstark, 2004a). Ainsi, le calcul économique est déconsidéré et contourné (Crozet, 2004). Par ailleurs, la prise en compte par le calcul économique de la dimension environnementale et les questions que cela soulève n'ont fait que renforcer le scepticisme à l'encontre des évaluations (Cohen de Lara et Dron, 1998 ; Godard, 2004). Les critiques adressées au calcul économique portent sur plusieurs aspects. Certaines concernent le calcul économique en tant qu'outil d'évaluation et d'aide à la décision, d'autres concernent les effets non marchands pris en compte ou non par le calcul économique et sur leur valorisation.

1.2.1. Les critiques adressées au calcul économique en tant qu'instrument d'aide à la décision

Le calcul économique, par le biais des évaluations de projet, contribue à éclairer les décideurs sur l'utilité sociale d'un projet. Il permet également de savoir si l'argent dépensé ici ne trouverait pas une meilleure utilisation ailleurs. Le calcul économique apparaît alors comme un outil d'aide à la décision, il ne dicte pas les choix, mais les éclaire. Pourtant le calcul économique apparaît comme étant trop technocratique et trop éloigné des préoccupations des riverains et/ou des citoyens. Il apparaît comme un instrument dicté par la simple rationalité économique, qui s'appuie entre autres sur des concepts d'utilité et de surplus très réducteurs.

Par ailleurs, le calcul économique s'inscrit depuis quelques années dans un nouveau contexte dans lequel les exigences de concertation, qui sont nées des fréquentes oppositions des citoyens aux décisions publiques, ont amené la puissance publique à légiférer sur la mise en place d'un débat public entre les différentes parties concernées. Ainsi la loi d'orientation sur les transports intérieurs tout d'abord, puis la circulaire « Bianco ⁹ » et la loi « Barnier ¹⁰ » sur le renforcement de la protection de l'environnement ont prescrit et renforcé la tenue de débats publics dans le processus de

⁹ Circulaire n° 92-71 du 15 décembre 1992 relative à la conduite des grands projets nationaux d'infrastructures, JO n° 48 du 26 février 1993. Cette circulaire a renforcé le débat avec les responsables politiques, sociaux, économiques et associatifs, et le maître d'ouvrage, sous la responsabilité d'un préfet coordonnateur. Elle a instauré une commission de suivi du débat et des expertises externes.

décision d'un projet. Avec ce nouveau contexte, les critiques à l'encontre du calcul économique se sont faites plus fréquentes et plus virulentes. Parmi ces critiques, nous retrouvons, entre autres, les suivantes :

- Le calcul économique est un outil trop technocratique, inaccessible aux non initiés.

Il est souvent reproché au calcul économique d'être une véritable boîte noire dans laquelle les méthodes de calcul, les techniques de pondération, d'actualisation et de monétarisation ne sont compréhensibles que par les techniciens chevronnés. Du coup il est reproché au calcul économique d'être manipulable et de faire pencher les indicateurs de rentabilité d'un projet vers des résultats plus favorables.

- Les calculs sont coûteux et complexes, ce qui les rend discutables.

Les calculs demandent de disposer d'un certain nombre de données (sur les trafics et sur les coûts notamment), lesquelles ne sont pas toujours disponibles, ce qui peut entraîner des coûts importants pour effectuer les études nécessaires à ces calculs (étude de trafic, étude de comportements, etc.). De plus, il est difficile de généraliser l'outil auprès des décideurs locaux qui bien souvent ne disposent pas des moyens humain et financier nécessaires à la conduite d'étude. Le calcul économique est alors inaccessible pour un certain nombre de projets (petit et moyen projet) et de fait le discrédite puisqu'il est possible d'en faire l'économie.

- Le calcul économique agrège des critères différents et les réduit à une seule dimension monétaire et à un seul critère de mesure.

La mesure de la rentabilité par le biais des indicateurs qui résume l'analyse et les calculs fait figure de dogme prétendant se substituer à la décision politique. De ce fait le processus de concertation semble être renvoyé au second plan. Du coup, l'outil apparaît en décalage avec la complexité du processus de la décision, puisque la référence de validité d'un projet peut se résumer à ses indicateurs de rentabilité.

- Les résultats de rentabilité masquent les effets négatifs car ils ne présentent au final qu'un avantage global et ils ne tiennent pas compte des effets redistributifs.

C'est là une critique ancienne et qui est souvent évoquée. Pour faire simple et pour donner un cas de figure, lorsqu'un projet est mis en service, il y a généralement des gagnants (les utilisateurs de l'infrastructure) et des perdants (les riverains qui subissent les nuisances). La question qui se pose est la suivante : comment faire accepter le projet à des personnes qui ne profiteront pas ou peu des avantages du projet et qui en subiront les conséquences ? Cette question, qui n'est pas traitée dans le cadre théorique du calcul

¹⁰ Loi n 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, Publication au JORF du 3 février 1995. Cette loi a instauré la création d'une commission nationale du débat public (CNDP), avec une large représentativité : parlementaires, élus locaux, associations, membres du Conseil d'État et des juridictions de l'ordre administratif et judiciaire. Elle a instauré un débat pour les grandes opérations d'aménagement d'intérêt national (décret du 10 mai 1996) où sont discutés les enjeux socio-économiques et les impacts significatifs sur l'environnement du projet.

économique, même si des recherches dans ce sens ont été engagées, contribue encore une fois à discréditer le calcul économique.

- Les résultats sont parfois très sensibles aux variables de calcul : aux prévisions de trafic, au coût d'investissement, au coût de l'énergie, à l'ouverture à la concurrence, etc.

Il est reproché également au calcul économique de s'appuyer sur des hypothèses peu pertinentes et/ou entachées de grandes incertitudes pour effectuer les calculs. Généralement les hypothèses sur lesquelles il y a les plus grandes incertitudes concernent l'estimation de la demande ainsi que son évolution et les coûts d'investissement. Une variation à la hausse ou à la baisse de ces hypothèses peut avoir un impact non négligeable sur les résultats et peut rendre certains projets non rentables. Nous reviendrons plus en détail sur ce point dans le chapitre quatre en regardant la variabilité du bénéfice aux différents paramètres entrant dans les calculs.

1.2.2. Les critiques adressées au calcul économique sur sa légitimité et sa capacité à prendre en compte les effets non marchands

Un des objectifs du calcul économique est de considérer des éléments qui n'ont pas de contrepartie monétaire. Ces éléments qui sont des effets externes positifs ou négatifs sont aussi appelés effets non marchands puisqu'ils n'ont pas de prix de marché. Pour contourner cette difficulté et pour intégrer ces effets dans les calculs de rentabilité, des méthodes d'évaluation ont été et sont mises en pratique pour évaluer l'impact en termes monétaires des conséquences de ces effets. Il résulte de ces évaluations des valeurs différentes, convergentes ou non, parmi lesquels la puissance publique va décider de normaliser les résultats, les plus consensuels, en valeurs tutélaires et qui seront prises comme valeurs de référence dans les calculs de rentabilité. Ainsi la puissance publique normalise les valeurs du temps, les valeurs de la pollution atmosphérique, la valeur du bruit, les valeurs de la vie humaine et la valeur de la tonne de carbone. Les principales critiques faites sur ce point au calcul économique sont les suivantes :

- Il y a de fortes incertitudes sur les impacts, les causalités et les éléments chiffrés de ces effets non marchands.

Par exemple, quels sont les effets réels de la pollution atmosphérique sur la mortalité ? Quelles sont les conséquences économiques des décès ? Quelle relation existe-t-il entre le CO₂ et le changement climatique et quels sont les effets socio-économiques de ce réchauffement ? Si la recherche et les connaissances scientifiques sur ces sujets avancent, il n'en reste pas moins que ces questions tendent à discréditer le calcul économique, tant les relations de causes à effets sont difficiles à mesurer exactement. Cette critique appelle la suivante.

- Les valeurs tutélaires utilisées sont subjectives et arbitraires.

Faute d'avoir des valeurs précises et unanimement reconnues, la puissance publique fixe les valeurs à considérer. Ces choix ne font pas toujours l'unanimité au sein des

chercheurs, des ministères, des associations de défenses de l'environnement, *etc.* Pourtant la puissance publique, comme ce fut le cas pour le choix des valeurs du rapport Boiteux II (CGP, 2001), se doit à une certaine dose d'arbitraire ¹¹ justement parce que les valeurs sont subjectives ou du moins parce que les personnes qui avancent certaines valeurs sont partiales.

- Certains effets, surtout en milieu urbain, où les méthodes de calcul économique standard ne sont pas toujours bien adaptées aux particularités et aux externalités urbaines ne sont pas pris en compte.

Il est reproché au calcul économique de ne pas prendre en compte l'ensemble des effets qu'engendre une infrastructure. Parmi eux il y notamment les effets de coupure (surtout en milieu urbain), les effets sur le paysage, les effets sur le développement économique local ou régional, les effets des transports sur le développement urbain (Héran, 2000). Certains de ces effets font l'objet d'études, mais leur valorisation marchande est difficile à cerner en raison de la complexité des phénomènes rencontrés. Ils sont le plus souvent pris en compte par le biais d'une analyse multicritères ¹², qui n'est d'ailleurs pas non plus à l'abri des critiques déjà avancées pour l'analyse coûts-avantages (subjectivité, pression de certain acteurs, *etc.*).

- Il y a une faiblesse de l'impact de certaines valeurs proposées (valeurs de la pollution atmosphérique, valeur de la tonne de carbone) face aux gains de temps notamment.

Nous reviendrons sur ce point plus longuement dans le chapitre quatre. Toutefois, le fait que les gains de temps dans un projet puissent représenter, par exemple, jusqu'à 98 % des avantages (MELTT, 1997 ¹³) pose la question de la place des autres effets et de leur valeur. N'ont-elles qu'un rôle de figuration ? Sont-elles réellement représentatives des considérations que la collectivité accorde à ces effets ? N'est-ce pas là un paradoxe rédhibitoire qui discrédite le calcul économique puisque d'un côté la collectivité attribue certaines valeurs aux nuisances environnementales, ce qui montre l'intérêt qu'elle porte sur ces sujets, et d'un autre côté ces valeurs ont un poids relatif presque insignifiant dans les résultats finals, ce qui pose la question de leur rôle dans les calculs.

Le calcul économique n'est pas à l'abri de critiques. Face à elles, il doit s'adapter et s'enrichir. La valorisation des effets non marchands et leur prise en compte dans les calculs de rentabilité est l'une des critiques les virulentes qui lui sont adressées. Avant de voir comment la puissance publique et le calcul économique prennent en compte ces

¹¹ Par exemple, lorsque le groupe de travail a dû arrêter un montant pour la valeur de la tonne de carbone, celle-ci a été mise aux enchères, en quelque sorte, à la hausse comme à la baisse et le choix de la valeur a été arrêté par le président du groupe de travail, Marcel Boiteux. Cette valeur (100€/tCb) étant la plus consensuelle entre les partisans d'une valeur élevée et les partisans d'une valeur faible.

¹² L'analyse multicritères permet de considérer certains aspects d'un projet (effet sur le paysage, développement local, etc...) sous la forme d'une notation +/-.

¹³ Cf. Bilan économique et environnemental pour l'A86 sud pour l'année 1992.

effets non marchands et notamment le réchauffement climatique et la sécurité routière, faisons un état des lieux sur ces deux problématiques.

2. Le réchauffement climatique et l'insécurité routière : deux contraintes liées aux transports routiers

Le calcul économique doit faire face en particulier à deux contraintes.

La première concerne l'effet de serre ou plutôt les conséquences économiques du réchauffement climatique. Ces conséquences ont commencé à être prises en compte par le calcul économique assez récemment. En effet la valorisation dans l'analyse coûts-avantages de toute tonne de carbone rejetée dans l'atmosphère ne date que d'une dizaine d'année. En 1994, le Commissariat Général du Plan (CGP, 1994) propose, pour la première fois, des valeurs monétaires à retenir dans les évaluations de projet. Par la suite ces valeurs seront reprises dans l'instruction-cadre de 1995 (Ministère des Transports, 1995).

La deuxième concerne l'insécurité routière ou plutôt les conséquences économiques entraînées par la mort ou la blessure d'une personne. Ces conséquences sont depuis longtemps prises en compte dans les analyses coûts-avantages par le biais des valeurs de la vie humaine. Ces valeurs ont connu, tant du point de vue de la méthode que de leur montant, des modifications régulières.

Les coûts qu'entraînent ces effets sont de véritables contraintes pour la collectivité, car ils sont, pour les premiers, en nette augmentation avec des conséquences socio-économiques à long terme de grande ampleur et pour les deuxièmes très importants. Et si l'insécurité routière n'apparaît pas comme un défi majeur, du moins aujourd'hui comparée à la situation que la France a connue dans les années soixante-dix, elle n'en reste pas moins un défi permanent.

2.1. Les conséquences du réchauffement climatique

Une première contrainte à laquelle doit faire face le calcul économique concerne les conséquences socio-économiques et environnementales entraînées par le changement climatique du au réchauffement de la planète. Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat ¹⁴ est tombé d'accord sur plusieurs conclusions à propos du réchauffement climatique. La première conclusion est que le problème des gaz à effet de serre (GES) n'est plus à remettre en cause. L'ensemble de la communauté scientifique

¹⁴ Le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) est une organisation qui a été mise en place en 1988, à la demande du G7 (groupe des 7 pays les plus riches : USA, Japon, Allemagne, France, Grande Bretagne, Canada, Italie), par l'Organisation Météorologique Mondiale et par le Programme pour l'Environnement des Nations Unies. Le rôle du GIEC est "d'expertiser l'information scientifique, technique et socio-économique qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme". <http://www.ipcc.ch>

partage désormais ce point de vue. La deuxième conclusion est que le réchauffement peut avoir des conséquences socio-économiques importantes¹⁵, sans parler de celles pour la faune et la flore. Au stade des connaissances scientifiques actuelles, le GIEC s'accorde donc sur les points suivants (GIEC, 2001).

- Il est certain que les concentrations de gaz carbonique dans l'atmosphère ont atteint des niveaux jamais vus depuis 420 000 ans et évoluent depuis deux siècles à une vitesse jamais enregistrée depuis 20 000 ans.
- L'évolution des températures enregistrées sur ces périodes est corrélée à celle des concentrations de CO₂. Pour les 50 dernières années, il est probable (c'est-à-dire d'une probabilité allant de 66 % à 90 % dans le langage du GIEC) que l'essentiel du réchauffement moyen planétaire effectivement enregistré vienne de l'augmentation des gaz à effet de serre. La vitesse du phénomène observé (plus d'un demi-degré en un siècle, 0,9 sur la France) et attendu (de 1,4°C à 5,8°C de plus en moyenne en 2100) est cent fois plus rapide que les variations naturellement imprimées au climat de la terre par ses paramètres astronomiques et traduites dans les alternances entre ères glaciaires et interglaciaires (quelques degrés en 10 000 ans chaque fois).
- Il est certain qu'une fois les concentrations des gaz à effet de serre stabilisées dans l'atmosphère, l'arrêt de l'augmentation des températures prendra plusieurs siècles et celle du niveau des océans quelques millénaires.
- Il est pratiquement certain (plus de 99 % de probabilité) que le CO₂ fossile émis influencera de façon déterminante les concentrations en CO₂ de l'atmosphère, devant toute autre source, durant tout le XXI^e siècle.
- Il est très probable (de 90 à 99 % de probabilité) que des précipitations de plus en plus intenses et surtout de plus en plus variables d'une année sur l'autre s'en suivront, notamment dans les latitudes moyennes.
- Il est très probable (de 90 à 99 % de probabilité) que le dérèglement climatique provoquera des vagues de chaleur plus longues et plus intenses, avec une élévation particulière des températures nocturnes.

L'effet de serre représente un défi majeur auquel la France et le monde doivent faire face. Les conséquences de l'activité humaine sur les modifications du climat ne sont plus à remettre en cause aujourd'hui. C'est ce qu'a de nouveau confirmé le quatrième rapport du GIEC (février 2007) qui fait état des dernières connaissances en la matière. Parmi ces activités figurent notamment les transports routiers qui sont particulièrement émetteurs de CO₂.

2.1.1. Le rôle du transport routier et les perspectives d'évolution

Les émissions de polluants dépendent directement des consommations de carburant,

¹⁵ Voir sur ce sujet le rapport sur l'Économie des changements climatiques (dit rapport Stern) : http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm (consulté le 23 novembre 2006).

essence et gazole. Ces émissions sont fonction de la circulation et des consommations unitaires des véhicules. En France, ces consommations de carburant liées aux transports n'ont cessé d'augmenter¹⁶, notamment en raison de :

- la croissance continue des trafics de marchandises et de voyageurs ainsi que des distances parcourues. Le trafic routier a ainsi progressé à un rythme moyen de 4,2 % par an depuis 1960¹⁷ ;
- la progression du transport par route, le plus consommateur et le plus polluant. En 2005 (Ministère des Transports, SESP, 2006), le transport en voiture particulière représentait 83 % du transport intérieur de voyageurs et le transport routier représentait 80 % (hors transit) du transport intérieur de marchandises ;
- l'augmentation de la mobilité urbaine et périurbaine, due à l'extension des villes, qui a pour effet d'augmenter les distances parcourues.

Ces causes ont pour conséquence d'accroître les émissions polluantes (en particulier celles du dioxyde de carbone (CO₂)), malgré des résultats sensibles obtenus grâce à la conjugaison :

- des progrès techniques. Des accords volontaires signés entre la Commission européenne et les constructeurs¹⁸ (ACEA) prévoient ainsi de ramener les émissions moyennes de CO₂ de véhicules neufs mis sur le marché, de 174 g/km aujourd'hui à 140 g/km d'ici 2008 ;
- d'une réglementation de plus en plus restrictive. Tous les 4 ou 5 ans, de nouvelles normes européennes (Euro 3, Euro 4, etc.) révisent à la baisse les seuils d'émissions des principaux polluants des véhicules neufs : monoxyde de carbone, hydrocarbures imbrûlés, oxydes d'azote et particules.

¹⁶ Nous assistons cependant ces dernières années à un ralentissement de la consommation de carburants. En 2005, la consommation a même baissé de 1,1% par rapport à 2004.

¹⁷ Ce chiffre 2005 a été calculé à partir des données trafics dont nous disposons, issues pour la plupart des comptes transports annuels.

¹⁸ En 1998 et 1999, des engagements ont été pris par les associations de constructeurs automobiles européens (Association des constructeurs européens d'automobiles - ACEA, qui représente plus de 80 % des immatriculations annuelles dans l'UE), japonais (Japan Automobile Manufacturers Association - JAMA, qui représente plus de 10 % des immatriculations annuelles) et coréens (Korea Automobile Manufacturers Association - KAMA, moins de 5 % des immatriculations annuelles). Les engagements de ces trois associations représentent des efforts équivalents : objectif d'émissions fixé à 140 grammes de

CO₂/km (cet objectif devant être atteint en 2008 par l'ACEA et en 2009 par la JAMA et la KAMA) ; l'objectif fixé pour le CO₂ doit être atteint essentiellement par des progrès technologiques et par des modifications du marché allant de pair avec ces progrès.

¹⁹ Les différents gaz ne contribuent pas tous à la même hauteur à l'effet de serre. En effet, certains ont un pouvoir de réchauffement plus important que d'autres et/ou une durée de vie plus longue. La contribution à l'effet de serre de chaque gaz se mesure grâce au pouvoir de réchauffement global (PRG). Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz se définit comme le "forçage radiatif" (c'est-à-dire la puissance radiative que le gaz à effet de serre renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au CO₂.

PRG de ce secteur avec respectivement 98 % et 95 % du PRG en 1990 et 2004.

Les perspectives d'évolution en terme d'environnement sont contrastées (DAEI/SES, 2004). Si les émissions de polluants locaux (localisé dans un périmètre restreint) semblent être en voie de diminution importante, il n'en est pas de même en ce qui concerne les émissions de gaz à effet de serre.

a) Les émissions de polluants locaux

Les émissions correspondant aux projections de circulation considérées pour les cinq catégories de véhicules (voitures particulières à essence ou diesel, véhicules utilitaires légers à essence ou diesel, poids lourds) et pour les deux-roues ont été calculées jusqu'en 2025 pour cinq catégories de polluants : les oxydes d'azote (NO_x), les composés organiques volatiles non méthaniques (COVNM), le monoxyde de carbone (CO), les poussières et le dioxyde de soufre (SO₂).

Tableau 2. Valeurs du scénario central des émissions de polluants locaux à l'horizon 2025

Polluants locaux en Kilotonnes	Émissions observées		Valeurs du scénario central		Taux de croissance annuel moyen 1990/20xx (%)	
	1990	2002	2010	2025	2010	2025
NO _x	1 092,5	648,7	392,3	323,8	- 5,0	- 3,4
COVNM	1 051,4	364,2	94,6	65,2	- 11,3	- 7,6
CO	6 257,6	2 001,0	825,8	531,1	- 9,6	- 6,8
Poussières	55,8	-	25,8	19,4	- 3,8	- 3,0
SO ₂	139,5	23,6	4,2	4,4	- 16,0	- 9,4

Source : (DAEI/SES, 2004)

L'estimation porte sur les niveaux d'émissions en tonnages de polluants et sur leur évolution de 1990 à 2025. Compte tenu des normes actuelles et de leurs évolutions prévisibles les émissions de polluants atmosphériques diminuent fortement, de 62 à 97 % sur la période 1990-2025. Les principaux changements intervenant avant 2010, lorsque le plein effet des nouvelles normes sera acquis et cela presque indépendamment des scénarios (les différences sont au maximum de 4 %) : l'importance de la baisse imposée par les normes l'emporte très largement sur les effets des autres paramètres. Ces calculs ne prennent pas en compte les nouvelles normes de dépollution susceptibles d'intervenir après 2007 pour les véhicules légers et 2010 pour les poids lourds.

Les émissions de polluants locaux connaîtront des baisses plus ou moins importantes à l'horizon 2025. Le progrès technique et les différentes réglementations n'y sont pas étrangers. Les efforts devront se concentrer davantage sur les émissions de gaz à effet de serre, dont les conséquences socio-économiques sont désormais plus que certaines.

b) Les émissions de gaz à effet de serre

Le Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique a chiffré

un scénario médian à l'horizon 2025 et a déterminé l'évolution des émissions unitaires de chaque catégorie de véhicules en prenant en compte des émissions différenciées selon le type de réseau routier : urbain, interurbain routier et autoroutier. Le chiffrage prend en compte les normes correspondant aux générations de véhicules qui constituent le parc actuel et leurs évolutions à venir, qui s'appliquent aux véhicules neufs, de façon à évaluer les émissions de l'ensemble du parc en circulation.

Le scénario central est déduit de l'engagement volontaire des constructeurs européens de réduire les émissions de dioxyde de carbone des voitures neuves (à 140g/km en 2008 puis à 120g/km en 2012, soit une diminution de près de 2 % par an). Celui-ci intervient au moment où de nouvelles technologies de moteurs plus économes sortent sur le marché ou sont en cours de mise au point. Le scénario central suppose que les émissions de CO₂ des véhicules particuliers neufs se stabilisent à 120g/km jusqu'en 2025 une fois l'objectif atteint. Cependant, les évolutions des consommations unitaires des voitures particulières au-delà de 2010 sont aujourd'hui mal établies et les projections dépassant cet horizon comportent donc des aléas importants.

Concernant les consommations unitaires des poids lourds, elles ont été stables jusqu'en 2005, la priorité accordée à la réduction des émissions de polluants locaux empêchant des améliorations significatives dans ce domaine. À partir de 2005, l'arrivée de nouveaux systèmes de dépollution²⁰ devrait permettre une baisse de ces consommations unitaires à un rythme modéré, de l'ordre de - 0,4 % par an.

Tableau 3. Valeurs du scénario central des émissions de CO₂ et de N₂O à l'horizon 2025

GES En Kilotonnes équivalent	Émissions observées		Valeurs du scénario central		Taux de croissance annuel moyen 1990/20xx (%)	
	1990	2002	2010	2025	2010	2025
CO ₂	108 793	129 649	140 206	146 350	1,3	0,9
N ₂ O	1 563	3 993	5 195	6 268	6,2	4,0

Source : (DAEI/SES, 2004)

Si les émissions de polluants locaux vont baisser à l'horizon 2025, il n'en est pas de même des émissions de CO₂. Un des défis pour l'avenir réside notamment dans la capacité des constructeurs automobiles à réduire les émissions unitaires des véhicules. L'ensemble de ces mesures s'inscrit dans le cadre des engagements internationaux et nationaux pris par la France pour faire face au problème du réchauffement climatique.

2.1.2. Les engagements internationaux et nationaux

a) La convention sur les changements climatiques : le protocole de Kyoto

En 1992, la conférence de Rio de Janeiro adopte la Convention-cadre des Nations Unies

²⁰ Systèmes d'injection et de suralimentation, recours à la recirculation des gaz d'échappement, émergence de nouveaux procédés de combustion, etc.

sur les changements climatiques. Cette convention est ouverte à la signature et a pour objectif de stabiliser les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre à un niveau qui empêche toute perturbation humaine dangereuse du système climatique. Après sa ratification par cinquante États, la convention est entrée en vigueur le 21 mars 1994. Le protocole de Kyoto est né de cette convention.

En 1997, le Protocole de Kyoto a été adopté au terme de la 3^{ème} Conférence des Parties à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques de 1992. Ce protocole fixe un objectif de réduction pour les émissions agrégées d'un "panier" de six gaz à effet de serre : dioxyde de carbone (CO₂), protoxyde d'azote (N₂O), méthane (CH₄), hydrofluorocarbures (HFC), perfluorocarbures (PFC) et hexafluorure de soufre (SF₆), et ce, pour trente-huit pays industrialisés ainsi que pour l'Union Européenne en tant qu'organisation régionale d'intégration économique. Ces derniers se sont engagés à réduire globalement leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % sur la période 2008-2012, par rapport aux niveaux de 1990. Pour sa part, l'Union Européenne s'est engagée à réduire ses émissions de 8 %. Au niveau communautaire, les quinze Etats membres sont parvenus, le 16 juin 1998, à un accord définissant la répartition des efforts de réduction des émissions au sein de l'UE afin de respecter cet objectif global de 8 %. Pour la France, cet accord fixe un objectif de stabilisation des émissions sur la période 2008-2012 au niveau de 1990 (année de référence). La France et l'Union Européenne ont ratifié le protocole le 31 mai 2002. Dans le cas de la France, les émissions à prendre en compte sous ce protocole couvrent la métropole et les DOM (TOM exclus) et toutes les sources émettrices sauf l'utilisation des terres, leur changement et la forêt.

b) Le facteur 4 à l'horizon 2050

Parallèlement aux engagements internationaux, la France s'est donnée plusieurs objectifs dont celui de diviser par quatre ses émissions de GES d'ici 2050. Cet objectif a été inscrit dans la loi de programme du 13 juillet 2005²¹, fixant les orientations de la politique énergétique. L'article 2 de cette loi dispose que « *la lutte contre le changement climatique est une priorité de la politique énergétique* ».

Ce facteur 4 correspond à l'objectif de contenir le réchauffement climatique à un niveau d'élévation de 2°C, ce qui correspondrait au niveau mondial à un quota par personne de l'ordre de 0,5 tonne par an. Puisque le niveau français d'émissions de dioxyde de carbone lié aux consommations énergétiques était de 1,8 tC/hab en 2000, atteindre ce niveau de 0,5 tC/hab constituerait précisément une division par 3,6. Transposé en 2050 à une population française de 64 millions d'habitants, un niveau d'émission de 0,5 tC/hab donne 32 MtC. Or, bien évidemment, d'ici 2050, la croissance économique devrait générer des émissions supplémentaires. Une projection tendancielle des émissions de dioxyde de carbone à partir d'une croissance économique moyenne de 1,7 %/an conduirait à une émission de CO₂ de 146 MtC en 2050 avant tout nouvel effort de maîtrise ou de substitution d'énergie. C'est donc une division par 4,6 qu'il faudra alors finalement réussir.

²¹ Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique, Publication au JORF du 14 juillet 2005.

Concernant le secteur des transports (MIES, 2004), celui-ci émet déjà aujourd'hui 1,3 fois plus que ce qui sera possible pour le pays en 2050 ; or leurs émissions continuent actuellement de croître de près de 2 % par an en absorbant les progrès réalisés dans les autres secteurs. C'est pour cela que différentes politiques sont mises en avant pour arriver à l'objectif visé : réduction des consommations unitaires des véhicules ; contribution croissante des biocarburants ; développement de motorisations sans émissions de CO₂ par le véhicule ; transferts modaux notamment vers le rail ; maîtrise de la mobilité par des politiques d'aménagement du territoire et d'urbanisme.

Même si des engagements ont été pris afin de réduire les émissions, il faudra beaucoup de temps avant de trouver et maintenir un équilibre entre activités économiques et capacité de la planète à absorber les émissions. Le réchauffement climatique doit impérativement être pris en considération, notamment dans le secteur des transports routiers.

2.2. Les conséquences de l'insécurité routière

Une deuxième contrainte à laquelle doit faire face le calcul économique est la prise en compte des conséquences économiques liées à l'insécurité routière. Les accidents engendrent de nombreuses conséquences négatives : des coûts liés au traitement des accidents, des pertes de capacités productives et des coûts en termes de souffrances physiques et morales.

L'insécurité routière est véritablement considérée comme un problème public depuis maintenant plus de trente-cinq ans en France. Elle fait partie des domaines dans lesquels la puissance publique intervient pour le bien être de la collectivité en se substituant aux décisions et libertés individuelles afin d'en corriger les effets négatifs²². Elle a été l'une des premières contraintes à être considérée par le calcul économique. Celui-ci a pris officiellement en compte ces conséquences lorsque la première circulaire ministérielle de 1970 a fixé les valeurs de la vie humaine à utiliser dans les calculs.

2.2.1. Une spécificité liée au secteur des transports routiers

Le nombre de morts et de blessés engendrés par les déplacements de transport de voyageurs et de marchandises est une spécificité du mode des transports routiers. Comparativement aux autres modes de transports, le mode routier est le plus accidentogène.

Tableau 4. Nombre de tués par mode de transport en France

²² De la même manière, l'interdiction de fumer dans les lieux publics relève du même principe. Les conséquences du tabagisme passif entraînent des coûts économiques au même titre que les accidents de la route.

Mode	2000	2001	2002	2003	2004
Transports aériens	109	19	5	1	0
Transports ferroviaires	15	11	22	7	6
Transports routiers (VP+PL)	5 122	5 133	4 727	3 616	3 266
Transports routiers (Deux roues)	1 317	1 437	1 339	1 185	1 135

Source : ONISR

Par ailleurs, l'insécurité routière est un problème qui se situe principalement en rase campagne (hors agglomération) là où la densité de population est moins importante. Une faible densité de population s'accompagne généralement de vitesses plus élevées, de routes moins bien aménagées et d'une faible proportion d'autoroute, autant de paramètres propices aux accidents mortels (Orselli, 2003a). À l'inverse, les zones densément peuplées sont celles dont les routes sont les plus embouteillées, là où la vitesse est faible et donc où les accrochages ne sont pas favorables aux accidents mortels.

Tableau 5. Répartition de l'insécurité routière par milieu

Moyenne Période 2000/2004	Tué	Blessé grave	Blessé léger
Milieu urbain	27,6 %	44,1 %	66,4 %
Rase campagne	72,4 %	55,9 %	33,6 %

Source : ONISR

L'insécurité routière est souvent un argument évoqué pour légitimer la mise en place d'une nouvelle infrastructure moins accidentogène (de type autoroute, voies express, etc.). Cette justification est renforcée lorsque nous savons que les autoroutes interurbaines ne recensent que 4 % des tués contre 24 % pour les routes nationales et 52,5 % pour les routes départementales. L'écart entre les taux accidentogènes de ces différents types de réseau est à la base d'une partie des avantages que génère la mise en place d'un nouvel itinéraire autoroutier (Cf. Chapitre III et IV).

Tableau 6. Répartition de l'insécurité routière par catégorie de réseau

Moyenne Période 2000/2004	Tué	Blessé grave	Blessé léger
Autoroute de liaison	4,1 %	3,6 %	2,1 %
Route nationale	24,2 %	18,6 %	14,8 %
Route départementale	52,5 %	49,6 %	28,7 %

Source : ONISR

Autre particularité liée à l'insécurité routière, elle touche principalement les personnes de moins de 45 ans dont la moitié ont moins de 25 ans. 63,1 % des tués sur les routes ces dernières années avaient moins de 45 ans et parmi eux 30 % avaient moins de 25 ans. Ce constat pose non seulement un problème moral, mais également un problème

économique.

Tableau 7. Catégories de la population les plus concernées par l'insécurité routière

Moyenne Période 2000/2004	Tué	Blessé grave	Blessé léger
- de 25 ans	30,0 %	36,9 %	39,3 %
- de 45 ans	63,1 %	69,4 %	75,0 %

Source : ONISR

Les méthodes d'évaluation de la vie humaine se sont pendant longtemps appuyées sur des méthodologies fondées sur la perte de capital humain entraînée par un accident. Sans rentrer dans les détails, puisque les différentes méthodes d'évaluation de la vie humaine seront abordées dans le second chapitre, le principe de ces méthodes est d'évaluer ce que l'individu peut apporter à la société jusqu'à son décès probable en termes de production et de consommation.

En France, les valeurs tutélaires de la vie humaine s'appuient désormais sur une méthode fondée sur les préférences déclarées, qui donne des valeurs beaucoup plus élevées qu'avec les anciennes méthodes. Si ces valeurs, qui représentent des consentements à payer de la collectivité pour éviter des tués ou blessés sur la route, ne font pas de distinction entre les personnes âgées et jeunes, le fait que l'insécurité routière touche particulièrement les catégories d'âge les plus jeunes pose problème.

2.2.2. L'insécurité routière : un problème longtemps sous-estimé

Si nous regardons l'évolution de l'insécurité routière sur une longue période, caractérisée ici par le nombre de tués sur les routes, nous nous apercevons que celle-ci a connu son apogée en 1972. Depuis la tendance générale est à la baisse. Le taux de croissance annuel moyen depuis le pic de 1972 est en 2004 de -3,5 %/an.

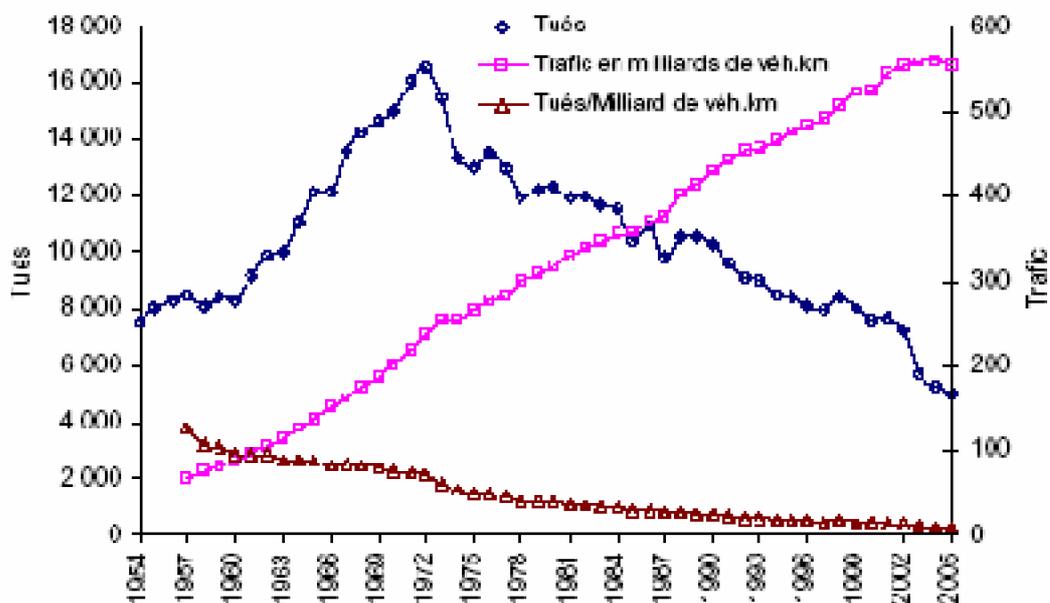


Figure 6. Évolution du nombre de tués et du trafic

Source : ONISR

L'évolution de l'insécurité routière en France est caractérisée par plusieurs périodes :

- jusqu'en 1972, une montée extrêmement importante de l'insécurité routière qui est directement corrélée avec l'évolution du trafic. La réglementation à cette époque était peu contraignante ;
- la « rupture » de 1972, une première prise de conscience a abouti à la création du Comité interministériel de la sécurité routière, après les bilans désastreux de 1972. En 1973, à la suite d'une initiative de journalistes, le 17 mai 1973, tous les habitants de Mazamet (16 171 habitants) dont la population représentait le nombre de tués sur les routes en France à cette période se sont allongés sur le sol. Cet événement construit et valorisé par la télévision fut à la fois un indicateur de la prise de conscience d'une population à travers ses médias, mais également un facteur de cette évolution ;
- une baisse importante de l'insécurité routière jusqu'à 1988 où la crise de l'énergie a joué un certain rôle, mais également les effets des premières grandes mesures de sécurité routière décidées vers cette époque : taux d'alcoolémie maximal (1970), port de la ceinture à l'avant hors agglomération, port du casque pour les motocyclettes et cyclomoteurs, limitation des vitesses (partielle en 1973 et généralisée en novembre 1974).
- une baisse qui s'est ralentie depuis 1988 et qui avait tendance à évoluer en suivant une asymptote. Le rythme de croissance du trafic très élevé apparu après 1985, soit une augmentation annuelle de 22 milliards véhicules.kilomètres, s'est maintenu globalement jusqu'en 1990. Un rythme d'augmentation annuelle beaucoup plus lent, de 9,8 milliards véhicules.kilomètres (avec une certaine instabilité) lui a alors

succédé, poursuivi pratiquement jusqu'en 2000. Ce rythme élevé de la croissance du trafic, prolongé sur plusieurs années, correspond à la baisse des prix des carburants et au retour de la croissance économique. Ses effets se sont traduits pratiquement par un arrêt de la décroissance du nombre de tués par an durant la période (Orselli, 2003b).

depuis 2002 une période caractérisée par une très forte baisse de l'insécurité routière (notamment en 2003, -20 % par rapport à 2002). Cette récente baisse est le fait d'effets conjugués en matière de politique routière (axe présidentiel, informations médiatiques sur le sujet, renforcement des contrôles, mise en place de radars automatiques, etc.).

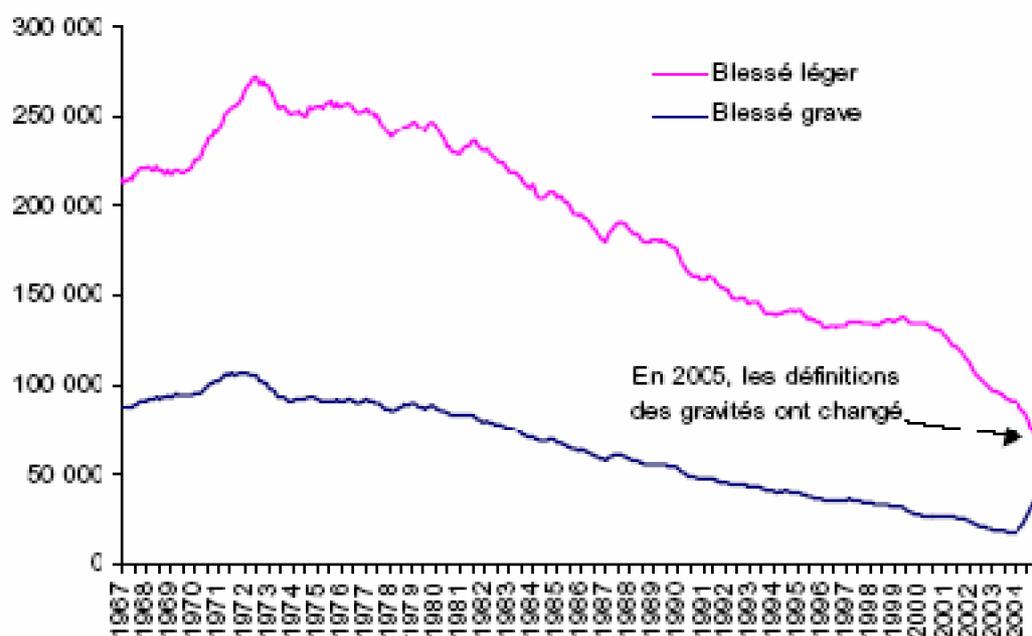


Figure 7. Évolution du nombre de blessés de 1967²³ à nos jours (en moyenne mobile)

Source : ONISR

Tout comme le nombre de morts sur les routes, les nombres de blessés graves et légers sont en baisse depuis 1972, le nombre de blessés graves ayant connu la baisse la plus importante. Le taux de croissance annuel moyen pour le nombre de blessés graves est de -5,5 %/an (2004) et celui des blessés légers de -3,4 %/an (2004). Le changement de rythme en 2005 s'explique par le fait que la méthodologie pour classer les victimes a changé. Afin d'harmoniser les calculs, la méthode de classement a été revue²⁴.

2.2.3. Une préoccupation placée au cœur des politiques publiques actuelles

Les années 2003, 2004, 2005 et 2006 se sont terminées sur des résultats encourageants pour la sécurité routière. Même s'il est évident que les décès liés à des accidents de la

²³ Nous n'avons pas pu nous procurer les données concernant les blessés graves et légers avant 1967

route représentent un nombre encore trop élevé, il n'en reste pas moins qu'en quatre ans, le nombre de morts sur les routes françaises a baissé de près de 35 % depuis 2002. Ce score est d'autant plus exemplaire que depuis le début des années quatre-vingt-dix, l'insécurité routière semblait atteindre une quasi asymptote. Le mur des 8 000 décès par an semblait infranchissable.

Chacun sait que l'évolution qui s'est produite récemment, que bien peu pensaient possible il y a encore quelques années, est le fruit d'une priorité gouvernementale forte et de mesures emblématiques de prévention et de répression. Mais l'économiste ne peut pas ignorer qu'une préférence renforcée pour la sécurité routière s'est également affirmée dans les valeurs tutélaires adoptées dans le cadre du rapport Boiteux II (CGP, 2001) et largement diffusées dans les services de l'État depuis la fin de l'année 2001. Le « coût du mort », qui était officiellement de 0,55 million d'euros (1994), a été fortement augmenté dans le rapport Boiteux II pour atteindre 1 million d'euros (2000) pour les déplacements en voiture particulière et 1,5 millions pour les transports collectifs.

Ainsi, au moment où le calcul économique public révélait une disponibilité à payer deux fois plus forte pour réduire la mortalité routière, des mesures réglementaires de grande ampleur étaient prises, avec le succès que nous savons. Cette concomitance n'est pas fortuite. Elle révèle un véritable changement des préférences collectives (Crozet *et al*, 2003). En effet les valeurs de la vie humaine ne tombent pas du ciel, bien au contraire, elles ne sont que la concrétisation d'un changement des préférences collectives vis-à-vis de l'insécurité routière. Cette nouvelle donne des préférences s'appuyant sur une nouvelle méthodologie où la vision comptable du coût du mort, évalué en référence à une perte (essentiellement une perte de production) a été remplacée par une logique de coût d'opportunité.

Comme le montre le graphique ci-après, les résultats de ces dernières années constituent une véritable rupture par rapport aux évolutions passées. Depuis 30 ans, la tendance générale était à la baisse. Or les résultats des années 2003, 2004, 2005 et 2006 se situent largement en dessous de la tendance générale.

²⁴ À compter du 1er janvier 2005, afin d'harmoniser les définitions avec celles des principaux voisins européens, les définitions des gravités ont changé. Depuis cette date, une victime d'un accident de la route est recensée comme tuée si elle décède sur le coup ou dans les trente jours qui suivent l'accident (au lieu de six jours jusqu'à fin 2004). Par ailleurs, ce sont les victimes hospitalisées plus de 24 heures (appelées hospitalisées) qui sont recensées à la place des victimes hospitalisées plus de six jours (appelées auparavant blessés graves).

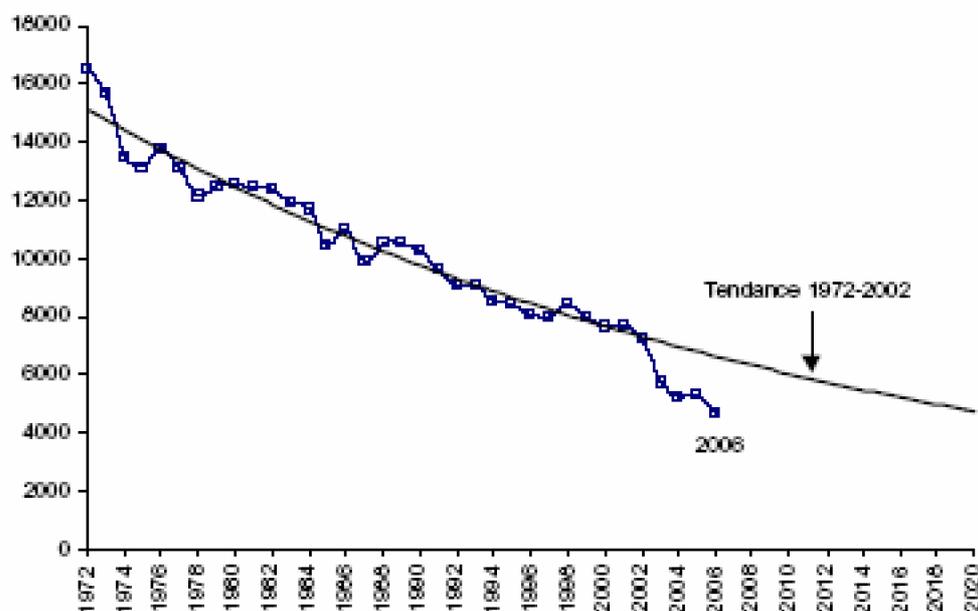


Figure 8. Tendances générales et évolution du nombre de tués des dernières années

Les évolutions à la baisse de ces dernières années ont été parmi les plus importantes enregistrées depuis 30 ans (avec celles du début des années soixante-dix).

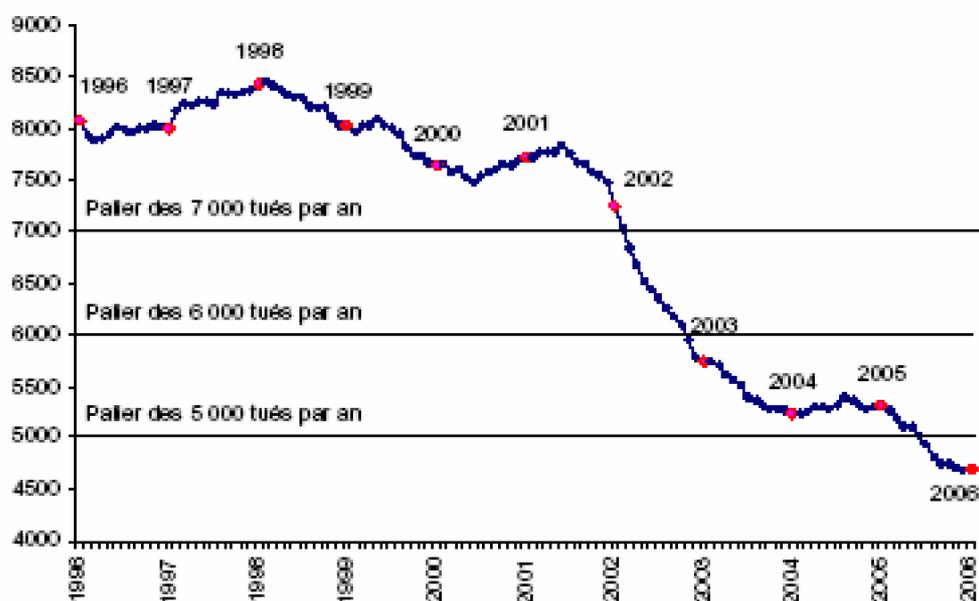


Figure 9. Évolution récente de l'insécurité routière

Source : ONISR

La baisse de 20,9 % en 2003 par rapport à l'année 2002 s'explique largement par l'annonce faite par les pouvoirs publics dès l'été 2002 de mettre l'insécurité routière « à l'agenda ». La baisse a également été prolongée par les effets médiatiques, le sujet a plus

été traité par les médias en quelques mois que pendant les 5 années précédentes, et par les différentes mesures mises en place (contrôles renforcés, radars automatiques, *etc.*). Même si cette amélioration n'a rien de spectaculaire, par rapport aux résultats obtenus dans d'autres pays de l'union européenne, elle n'en représente pas moins une véritable rupture par rapport aux évolutions passées.

Il semble que les comportements des automobilistes ont changé. L'accent mis en particulier sur le respect des vitesses, en premier lieu, sur les voies rapides s'est répercuté sur les autres réseaux. Toutefois, les bons résultats de ces dernières années ne doivent pas faire oublier que l'insécurité routière n'est pas un problème réglé et que les coûts économiques qu'elle engendre sont encore importants.

Ainsi le réchauffement climatique et l'insécurité routière constituent deux contraintes majeures actuelles auxquelles la collectivité doit faire face. Les conséquences économiques, sociales et environnementales liées à ces effets externes du transport routier contraignent la collectivité à les considérer dans ses choix d'investissement. Comment la collectivité et le calcul économique prennent en compte ces contraintes ?

3. La prise en compte de ces contraintes par la collectivité et le calcul économique

Pour ne pas renforcer certaines critiques déjà émises à son égard, le calcul économique se doit de prendre en compte les attentes de la population et de faire face aux préoccupations de son époque qui s'inscrivent par ailleurs dans un contexte économique, social et environnemental évolutif. Ainsi, d'évaluations purement marchandes de projets où seuls les avantages des usagers étaient pris en compte pour déterminer la rentabilité d'un projet, le calcul économique s'est enrichi, tant du point de vue des méthodes que des valeurs prises en compte, pour disposer d'évaluations de projets élargies afin de considérer certains de ces effets non marchands. Les avancées dans le domaine des connaissances et de la recherche scientifique ont permis au fur et à mesure, par tâtonnement, d'intégrer dans les évaluations certains de ces effets.

La prise en compte de nos contraintes par le calcul économique peut être analysée sous plusieurs aspects : sous l'aspect juridique, sous l'aspect administratif et sous l'aspect de la recherche opérationnelle. Les trois domaines sont étroitement liés, puisque le premier fixe de manière législative les orientations et les objectifs poursuivis à travers les choix relatifs aux infrastructures de transport. Ces objectifs sont traduits de manière administrative par le biais des méthodes et des valeurs tutélaires fournies par les instructions. Ces méthodes et valeurs utilisées dans les évaluations trouvent leur origine dans les résultats issus des connaissances et des avancées de la recherche scientifique. Les frontières entre les différents aspects sont perméables, chaque domaine étant en interaction les uns avec les autres. Il y a donc une sorte de cercle vertueux dans lequel le calcul économique s'inscrit et dans lequel il tend à évoluer, à s'adapter aux préoccupations et à s'enrichir de nouvelles composantes à prendre en compte.

C'est dans ce processus que s'inscrivent nos deux contraintes. Avant de voir comment les valeurs tutélaires que nous connaissons aujourd'hui ont été construites, regardons d'abord les aspects juridiques et administratifs du traitement de ces problématiques.

3.1. Un cadre juridique et administratif qui a évolué et s'est élargi à la prise en compte des nuisances environnementales

Si les conséquences économiques liées à l'insécurité routière, à l'inverse de celles liées à l'effet de serre, sont depuis longtemps prises en compte dans les évaluations de rentabilité, il a fallu attendre le début des années quatre-vingts pour que soient inscrites dans la loi et dans les documents administratifs d'une part, l'obligation de pratiquer des évaluations socio-économiques pour les projets de transports et d'autre part, les attentes et les considérations de la population vis-à-vis des nuisances environnementales entraînées par les politiques et les choix d'infrastructures de transport.

3.1.1. Les textes de lois de référence

Nous nous intéressons aux trois principales lois qui font référence dans le secteur des transports et qui fixent les éléments de coûts à considérer lors des choix de projets d'infrastructure de transport. Il s'agit de la Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs (LOTI), la Loi sur l'Air et sur l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (LAURE) et la Loi d'Orientation sur l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire (LOADDT).

a) La Loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 d'Orientation sur les Transports Intérieurs

La LOTI et son décret d'application de 1984²⁵ ont rendu obligatoire l'évaluation socio-économique des grands projets d'infrastructures de transport. La LOTI a posé les bases juridiques des projets de transport et les objectifs visés à travers ces projets. Ainsi l'article 3 précise que : « *La politique globale des transports de personnes et de marchandises assure le développement harmonieux et complémentaire des divers modes de transports individuels et collectifs, en tenant compte de leurs avantages et inconvénients en matière*²⁶ *[...], de protection de l'environnement* ,[...], *d'utilisation rationnelle de l'énergie, de sécurité* [...]. Elle tient compte [...] des coûts sociaux, monétaires et non monétaires, supportés par les usagers et les tiers ».

Par la suite, l'article 14 qui concerne en particulier les infrastructures de transport indique que : « *Les choix relatifs aux infrastructures, [...], tiennent compte [...] des coûts sociaux* . [...]. »

²⁵ Décret n° 84-617 du 17 juillet 1984 pris pour application de l'article 14 de la loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 relatif aux grands projets d'infrastructures, aux grands choix technologiques et aux schémas directeurs d'infrastructures en matière de transports intérieurs.

²⁶ C'est l'auteur de la thèse qui a mis en gras le texte.

La LOTI affirme que la politique globale des transports de personnes et de marchandises doit tenir compte de leurs avantages et inconvénients en matière de protection de l'environnement et de sécurité. Concernant les choix relatifs aux infrastructures l'article 14 précise qu'ils tiennent compte des coûts sociaux, mais ne donne pas de détail quant à ces coûts sociaux. La LOTI a posé les premières bases juridiques quant aux éléments à prendre en considération dans les évaluations de projets d'infrastructure de transport. Mais, si la sécurité routière est un élément qui était déjà pris en compte dans les évaluations et monétarisé par le bais des valeurs de la vie humaine, la pollution de l'air, locale, régionale et nationale, ne faisait l'objet que d'une analyse qualitative par le bais des analyses multicritères.

b) La loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie

La prise en compte de la pollution de l'air dans le cadre législatif des transports a été renforcée par l'adoption, le 30 décembre 1996, de la LAURE, dont le principal objectif est d'assurer un équilibre durable entre les besoins en matière de mobilité et de facilité d'accès d'une part, et la protection de l'environnement et de la santé d'autre part. L'article premier reconnaît le droit à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Pour la première fois, l'article 2 définit ce qu'est une pollution atmosphérique et introduit la notion de changement climatique. La force de cette loi, sur le sujet qui nous intéresse, c'est qu'elle vient modifier l'article 14 de la LOTI. Ainsi l'article 16 de la LAURE précise que : « *Les choix relatifs aux infrastructures, [...], tiennent compte [...] des coûts économiques réels et des coûts sociaux dont ceux des atteintes à l'environnement .* »

Pour la première fois les atteintes à l'environnement et les coûts liés à ces nuisances sont inscrits dans une loi comme éléments à prendre en compte lors des évaluations. L'instruction-cadre de 1995 (Ministère des Transports, 1995), suite au rapport du Commissariat Général du Plan de 1994 (CGP, 1994) a été la première à proposer des valeurs monétaires aux nuisances environnementales pour le calcul de la rentabilité socio-économique. L'inscription dans la loi a été la suite logique de cette nouvelle étape franchie par le calcul économique.

c) La loi n° 99-533 du 25 juin 1999 d'Orientation sur l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire

L'avancée des connaissances scientifiques, la généralisation de la notion de développement durable et celle du principe de précaution dans la société sont à l'origine de cette nouvelle loi et des modifications apportées à la LOTI, notamment à l'article 14. Les préoccupations environnementales prennent de plus en plus d'importance. C'est pourquoi l'article 39 de la LOADDT modifie l'article 1^{er} de la LOTI : « *Le système de transports intérieurs doit satisfaire les besoins des usagers dans les conditions économiques, sociales et environnementales les plus avantageuses pour la collectivité. [...]. Ces besoins sont satisfaits dans le respect des objectifs de limitation ou de réduction des risques, accidents, nuisances, notamment sonores , émissions de polluants et de gaz à effet de serre ,[...]* ». La limitation ou réduction des nuisances

entraînées par les transports est devenue un objectif explicite.

Enfin, la LOADDT introduit explicitement la notion d'effet externe. L'article 43 modifie le deuxième paragraphe de l'article 14 de la LOTI : « *Les grands projets d'infrastructures et les grands choix technologiques sont évalués sur la base de critères homogènes intégrant les impacts des effets externes des transports relatifs notamment à l'environnement, à la sécurité et à la santé [...].* »

La sécurité routière a toujours été un volet pris en compte, l'évolution est venue du niveau de degré de considération que la collectivité accorde à la pollution de l'air. L'environnement est désormais traité comme un volet monétaire à part entière à prendre en considération.

3.1.2. Les documents technico-administratifs

L'outil du calcul économique a profondément évolué avec les préoccupations de la collectivité. Dans les années soixante-dix, les effets externes pris de fait en compte dans les calculs sont essentiellement ceux relatifs au développement massif de la mobilité (gains de temps et de sécurité). Dans les années quatre-vingts, les préoccupations environnementales apparaissent petit à petit. Les méthodes d'évaluation intègrent alors certains de ces éléments (bruit, pollution atmosphérique). Les débats des années quatre-vingt-dix se focalisent plus particulièrement sur l'effet de serre et les impacts sur le climat, les premières tentatives de valorisation de la tonne de carbone apparaissent.

Puisque nous nous intéressons dans notre travail principalement au calcul économique opérationnel, c'est-à-dire tel qu'il est mis en œuvre par les administrations centralisées ou décentralisées qui élaborent les études de projets d'infrastructure de transport, regardons comment la considération de la sécurité routière et celle de l'effet de serre ont été traduites dans les documents techniques et administratifs relatifs aux méthodes d'évaluation. Nous appelons ici documents technico-administratifs l'ensemble des documents élaborés par les services de l'État dans le secteur des transports et plus particulièrement dans le secteur routier. Il y a différents types de documents.

- Les circulaires, qui explicitent le contexte dans lequel s'inscrivent les évaluations de projet, les objectifs poursuivis et mettent en perspective les démarches d'évaluation dans un processus continu d'évolution.
- Les instructions, qui définissent les grands principes et les différentes étapes de l'évaluation, explicitant la méthode dans ces grandes lignes.
- Les annexes techniques, qui déclinent les concepts en pratiques opérationnelles pour les différentes étapes de l'évaluation et définissent les outils à utiliser.

Nous sommes remontés jusqu'à l'instruction de 1970 qui a été le premier code méthodologique officiel à paraître. Nous nous intéressons uniquement aux éléments qui composent le bilan actualisé pour la collectivité.

Nous pouvons séparer l'évolution en trois périodes :

- De 1970 à 1986, la démarche est purement marchande, même si à côté du bilan

actualisé pour la collectivité apparaissent d'autres éléments non monétarisés, mais indiqués de manière qualitative, comme l'impact du projet sur l'urbanisation, le développement local, etc.

- La circulaire du 20 janvier 1970 relative aux calculs de rentabilité appliqués aux investissements routiers et son manuel d'application. Modifications apportées en novembre 1974.

Les éléments pris en compte dans le bilan pour la collectivité sont uniquement les avantages directs concernant les usagers de la route. Il s'agit des gains de temps, de l'amélioration du confort, de la sécurité et des économies de frais de fonctionnement des véhicules. Si le volet de l'insécurité routière est pris en compte, l'environnement (émissions de polluants) ne l'est pas. Les modifications apportées en 1974 concernent principalement l'actualisation de certaines valeurs unitaires utilisées pour le calcul des coûts de circulation.

- L'instruction de mars 1980 sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers en rase campagne et son manuel d'application de mars 1982.

Dans la circulaire accompagnant l'instruction, il est indiqué que : « *La révélation, parfois brutale, de préoccupations nouvelles impose en effet que soient désormais considérés et valorisés les effets spécifiques de l'investissement routier sur l'environnement d'une part, sur la consommation énergétique d'autre part* »

C'est dans ce cadre que l'instruction demande de prendre en compte, entres autres, deux considérations supplémentaires : le bilan énergétique de l'opération (investissement, exploitation et circulation) et un indicateur de réduction de nuisances. Ainsi le bilan énergétique global peut s'apparenter à une approximation de la quantité de polluants rejetée dans l'atmosphère (lien entre consommation de carburant et émissions de polluants), bien que les préoccupations de l'époque soient plus tournées vers les économies d'énergie dans un contexte de crises pétrolières que vers des préoccupations environnementales. Concernant l'indicateur de réduction des nuisances, celui-ci est corrélé au bruit, même s'il doit prendre en compte la pollution atmosphérique, et reste limité au cas des déviations d'agglomérations. De plus il n'est qu'un indicateur qualitatif et ne rentre pas en compte dans les calculs de rentabilité.

- De 1986 jusqu'à 1995 : la démarche continue à être marchande, mais une analyse multicritères vient compléter les critères de rentabilité.
 - L'instruction de mars 1986 relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne.

En 1986, la méthodologie utilisée est celle d'une approche multicritères intégrant une analyse micro-économique classique complétée par une appréciation de l'incidence du projet sur l'aménagement du territoire et les grands équilibres économiques nationaux. La sécurité continue à être prise en compte, les valeurs sont actualisées au fur et à mesure.

L'environnement est pris en compte par le biais de l'analyse multicritères sous le critère : environnement et qualité de l'air.

- De 1995 à aujourd'hui : La valorisation de certains effets non marchands due à l'évolution des recherches sur les nuisances environnementales permet le retour à une analyse 'marchande' des effets du projet de transport, l'analyse multicritères est abandonnée.
- L'instruction-cadre d'octobre 1995 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport.

À partir de l'instruction de 1995 nous retrouvons la démarche coûts-avantages, l'environnement est désormais pris en compte sous forme de valeurs. La priorité est accordée à l'amélioration des modalités d'estimation des effets sur l'environnement. La monétarisation du volet environnemental marque une étape importante puisque la collectivité considère à présent que ce volet n'est plus à prendre en compte uniquement qualitativement, mais aussi quantitativement. La sécurité routière continue à être prise en compte, les valeurs sont actualisées.

- L'instruction de septembre 1998 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne.

Cette instruction s'adresse uniquement, contrairement à l'instruction de 1995, aux projets de transport routier. Les effets sur l'environnement font l'objet d'un examen particulièrement attentif. Ces effets sont monétarisés chaque fois que possible et sont pris en compte dans un module spécifique afin d'être clairement identifiés. Les valeurs de la vie humaine sont les mêmes que dans l'instruction de 1995.

- L'instruction-cadre de mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, mise à jour en mai 2005.

Cette nouvelle instruction, qui vient remplacer celle de 1995, révisé en particulier les valeurs tutélaires retenues pour monétariser certains effets externes (vie humaine, bruit, pollution de l'air et effet de serre) conformément aux conclusions des travaux du groupe du Commissariat Général du Plan présidé par M. Marcel Boiteux. Le taux d'actualisation est abaissé pour suivre les recommandations du rapport du Commissariat Général du Plan (CGP, 2005).

En 2007, une nouvelle instruction, qui est en cours d'approbation, devrait paraître pour remplacer celle de 1998 relative aux investissements routiers en rase campagne. En tenant compte des conclusions du rapport Boiteux II, elle devrait actualiser entre autres les valeurs à utiliser dans les évaluations faites en rase campagne ainsi que les valeurs unitaires à prendre en compte dans les calculs des coûts de circulation.

3.2. Le Commissariat Général du Plan : un laboratoire de production des valeurs tutélaires

Si les recherches sur la monétarisation des effets externes ne sont pas nouvelles, le document qui a déterminé, pour la première fois, les valeurs officielles de référence en France sur ce sujet et notamment sur les coûts environnementaux (pollution et effet de serre) est le rapport Boiteux de 1994 (CGP, 1994), rapport du nom du président du groupe de travail, Marcel Boiteux. Le coût lié à l'insécurité routière était depuis l'instruction de 1970 déjà pris en compte dans les évaluations de projet et les valeurs de la vie humaine étaient actualisées selon l'avancée des recherches sur ce sujet. Le rapport Boiteux a permis notamment le passage des travaux de valorisation monétaire des nuisances environnementales à leur prise en compte dans la décision publique. Le deuxième rapport (CGP, 2001), dit Boiteux II, s'inscrit dans la même perspective.

3.2.1. Les groupes Boiteux I et II : de l'émergence de premières valeurs officielles au processus de production de nouvelles valeurs

En 1994, le Commissariat Général du Plan rendait public le rapport « Transports : pour un meilleur choix des investissements ». Ce rapport faisait suite à celui de 1992 « Transports 2010 » (CGP, 1992) qui recommandait une plus grande rigueur dans l'évaluation des projets ainsi qu'une harmonisation des méthodes utilisées par les différents opérateurs et administrations en charge des études économiques. Pour approfondir les recommandations de « Transports 2010 », un groupe de travail a été mis en place sous la présidence de Marcel Boiteux. L'objectif de ce rapport était de rationaliser et d'harmoniser entre les administrations les choix des investissements. Plusieurs recommandations importantes se sont dégagées de ses travaux. Les principales ont été les suivantes :

- le calcul économique, malgré ses insuffisances et les critiques qui lui sont adressés, reste ce qu'il y a de mieux pour évaluer les projets,
- les externalités positives et/ou négatives doivent être incorporées aux calculs dans toute la mesure que permet l'état de l'art,
- les implications non monétarisables doivent être présentées sous la forme d'argumentaires,
- l'évaluation doit prendre en compte les risques et les incertitudes,
- les modèles de trafic, qui sont au cœur de l'évaluation, doivent faire l'objet d'audits par une cellule d'évaluation indépendante,
- l'évaluation doit se faire par rapport à une situation de référence optimisée (le statu quo n'en est pas une),
- la nécessité de renforcer la transparence des études (normalisation des dossiers techniques et politiques),
- la préconisation de valeurs tutélaires (temps, vies épargnées, bruit, effet de serre, pollution de l'air).

Le rapport Boiteux de 1994 va fortement influencer les pratiques d'évaluation socio-économique des projets de transport. Ainsi, le ministère des transports transcrit les recommandations de ce rapport dans l'instruction de 1995 et dans celle de 1998.

Suite à ce rapport, la puissance publique a voulu approfondir les résultats. Le deuxième rapport a fait suite à la demande conjointe de deux ministères, celui de l'Environnement et celui de l'Équipement, des Transports et du Logement. Il avait pour mission de se prononcer sur les éléments à prendre en compte dans le calcul des rentabilités socio-économiques et sur l'intérêt et la façon de traiter les effets externes non quantifiables.

La demande concernait en particulier :

- l'actualisation des valeurs proposées dans le rapport Boiteux I,
- l'utilisation de valeurs normalisées dans les décisions d'investissement,
- l'approfondissement en particulier des effets externes en milieu urbain.

Les enjeux de ce rapport étaient de plusieurs ordres :

- maintenir et renforcer la crédibilité de l'analyse coûts-avantages ;
- faire de l'évaluation socio-économique un outil de dialogue (processus de débat) ;
- « *Force est donc de se jeter à l'eau*²⁷ », car si rien n'est dit sur certains points, soit c'est affecter une valeur nulle et ce n'est pas acceptable, soit c'est affecter une valeur gigantesque et ce n'est pas justifié. Donc il faut 'se jeter à l'eau', cela passe par un arbitrage, un consensus entre les acteurs présents (jeu de négociation) ;
- négocier des valeurs tutélaires sur des bases incertaines ;
- fonder des valeurs identiques et normalisées.

Le groupe Boiteux II s'est efforcé d'approfondir l'analyse des impacts abordés dans le rapport de 1994 (gains de temps, accidents, pollution de l'air, effets de serre), mais aussi de prendre en compte d'autres effets tels que la congestion, les atteintes aux paysages, les effets de coupure ou la consommation d'espace.

Le rapport Boiteux de 2001 va également fortement influencer les pratiques d'évaluation socio-économique des projets de transport. Ainsi, le ministère de l'Équipement transcrit les recommandations de ce rapport dans l'instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport du 25 mars 2004 mise à jour le 27 mai 2005 et dans l'instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne qui devrait paraître en 2007.

3.2.2. Les valeurs tutélaires des contraintes liées à l'insécurité routière et à l'effet de serre

a) Les valeurs de la vie humaine

Nous reviendrons plus longuement dans le chapitre deux sur les méthodes d'évaluation de la vie humaine et sur les différentes valeurs qui en découlaient. Nous ne présentons ici que les conclusions et résultats des rapports Boiteux I et II sur ce sujet.

²⁷ Propos de Marcel Boiteux dans l'introduction du rapport.

i) Les valeurs de la vie humaine dans le rapport Boiteux I

Le rapport Boiteux I avait proposé une réévaluation notable des valeurs de la vie humaine. Pour la valeur du tué par exemple, celle-ci passait de 0,24 million d'euros (valeur 1985) selon l'instruction de la Direction des Routes de 1986 à 0,55 million d'euros (valeur 1993). En outre, le groupe de travail s'était rangé à la méthode du capital humain compensé. Il s'était appuyé sur les valeurs retenues à l'étranger dans des pays dont le développement était proche de celui de la France et sur les résultats concordants des études réalisées par l'École Nationale des Ponts et Chaussées et le Centre de Recherche et d'Actions Sociales ainsi que par l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité. Le groupe de travail avait alors retenu une valeur de la vie humaine pour le tué sur les routes de 0,55 million d'euros et avait proposé de se référer au taux d'accroissement de la consommation des ménages par tête de l'INSEE comme règle d'évolution annuelle de cette valeur. Le rapport recommandait également pour les autres modes de transport de reprendre la même valorisation, mais de faire également un calcul de sensibilité avec une valeur quinze fois supérieure pour les risques d'accidents collectifs.

ii) Les valeurs de la vie humaine dans le rapport Boiteux II

Le rapport Boiteux II a préconisé de nouveau une augmentation de la valeur de la vie humaine. Dans ce dernier rapport, le Commissariat Général du Plan a décidé :

- d'augmenter fortement la valeur officielle de la vie humaine pour les tués ;
- de différencier la nouvelle valeur entre transport privé et transport public (de manière à prendre en compte le degré de risque accepté par les personnes dans chaque mode) ;
- d'augmenter les valeurs des blessés graves et blessés légers dans la même proportion que la valeur des tués.

Le groupe de travail recommandait, par ailleurs, de conserver la règle d'évolution retenue en 1994, qui fait croître ces valeurs au même rythme que la dépense de consommation des ménages par tête.

Tableau 8. Les valeurs de la vie humaines utilisées en France

En Million (M) et millier (K€)	Rapport 1994		Instruction de 1998 (en euros 1994)	Rapport 2001 Valeur 2000	
	Valeur 1993 (en euros 1993)	Valeur 1993 (en euros 1999)			
Tué (en million)	0,55 M€	0,65 M€	0,56 M€	1,5 M€	100 % projet transport collectif 66 % projet routier
Blessé grave (en millier)	56,4 K€	66,5 K€	58 K€	225 K€	100 % projet transport collectif 66 % projet routier
Blessé léger (en millier)	12 K€	14 K€	12,3 K€	33 K€	100 % projet transport collectif 66 % projet routier

Source : (CGP, 2001)

b) L'effet de serre

La valorisation des coûts liés à l'effet de serre requiert une approche différente de celle utilisée pour calculer les valeurs de la vie humaine. En effet, il est difficile de connaître les coûts entraînés par les conséquences du réchauffement climatique. L'évaluation des dommages s'avère délicate, en raison, d'une part des incertitudes liées au changement climatique et, d'autre part de l'absence de méthode homogène et éthiquement acceptable pour exprimer les impacts non marchands du changement climatique en termes monétaires. Les valeurs retenues trouvent leur origine dans les niveaux de taxation nécessaire à la limitation des émissions. Ces niveaux de taxation s'appuient sur une méthode coûts-efficacité.

i) La valeur de l'effet de serre dans le rapport Boiteux I

En 1994, le rapport rappelait, tout d'abord, que l'évaluation économique de l'effet de serre est un exercice très difficile et que les différentes démarches pour y parvenir restent sans portée. Il cite deux types de démarche :

- l'évaluation des dommages : il existe des évaluations de ce type pour les Etats Unis ou pour l'ensemble du monde, mais elles sont entachées d'une grande incertitude et elles n'ont pas porté sur la France ;
- l'évaluation des coûts macro-économiques des mesures jugées nécessaires pour le combattre. Ce type d'évaluation ne peut pas non plus être retenu car les mesures jugées nécessaires sont encore très différentes d'un auteur à l'autre, leurs conséquences sont mal connues, et enfin il n'est pas aisé de traduire les conséquences ainsi calculées, qui s'expriment sous la forme d'une réduction du PNB, dans les choix d'infrastructures.

Le rapport retenait donc comme évaluation minimale le niveau de taxe proposé par la Commission des Communautés européennes pour limiter les émissions. La taxe

correspondante était de 70 ECU par tonne de carbone, soit environ 68,6 € la tonne de carbone. À partir de cette valeur, le rapport a déterminé les coûts liés à l'effet de serre pour les différents modes à partir de leur consommation énergétique.

ii) La valeur de l'effet de serre dans le rapport Boiteux II

En 2001, le rapport abordait le problème de l'effet de serre dans la perspective des engagements de Kyoto. Ceux-ci reposent sur une démarche quantitative qui définit les plafonds d'émissions que chaque pays ou groupe de pays devra respecter. En l'absence d'un système de permis d'émissions négociables pour le respecter et en l'absence d'évaluation fiable des coûts externes liés à l'effet de serre additionnel, la définition d'une trajectoire intertemporelle du prix du carbone passe par une approche coût-efficacité. Cette approche revient à fixer un prix pour le carbone émis qui permette de respecter au moindre coût les contraintes quantitatives fixées. Toutefois, les valeurs à retenir dépendent de divers facteurs : une revue des travaux sur la valeur de carbone évitée tend à montrer que cette valeur s'établit entre 70 et 215 \$ par tonne de carbone, soit environ 8 à 24 \$ par baril d'équivalent pétrole, et que dans cette fourchette, la valeur du carbone est fortement influencée par le degré de flexibilité du dispositif destiné à faire respecter les contraintes d'émission.

En 2000, la France s'est dotée d'un programme national de lutte contre le changement climatique ²⁸ (PNLCC), afin d'honorer ses engagements internationaux. Ce plan prévoyait l'instauration d'une taxe sur le carbone qui s'établirait progressivement à 76,2 € la tonne de carbone (PNLCC 2000-2010). Compte tenu de l'horizon temporel des investissements en infrastructures de transport et de la durée de leur exploitation, qui va au-delà de la période 2008-2012 visée par les accords de Kyoto, la prudence a poussé le groupe de travail à retenir une valeur un peu plus élevée. Il a donc fait quelques recommandations, sur la base des études disponibles à cette époque (CGP, Criqui et Blanchard, 1999).

Tableau 9. La valeur de la tonne de carbone retenue par le rapport Boiteux II

	2000-2010	2010-2020	Après 2020	Remarque
Prix de la tonne de carbone (€/tC)	100 €/tC	+ 3 % / an	+ 3 % / an	Révision périodique de ces valeurs

Source : (CGP, 2001)

Il est ainsi proposé d'appliquer dans les calculs économiques concernant les choix publics d'infrastructures de transport un prix de 100 € ²⁹ par tonne de carbone pour la période qui va de 2000 à 2010. Le groupe propose pour la suite de retenir, après 2010, un taux de croissance modéré du prix de carbone, égal à 3 % par an. Un tel taux correspond à un scénario dans lequel le monde recourrait plus qu'aujourd'hui aux mécanismes de

²⁸ Informations disponibles sur : <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/actions/PNLCC.pdf> (consulté le 09 novembre 2006)

flexibilité et continuerait à exploiter l'énergie nucléaire. Par ailleurs le groupe propose de prévoir une révision périodique de ces valeurs, notamment si celles-ci ne sont pas internalisées progressivement soit par la taxation, soit par l'extension d'un système de permis d'émissions négociables, ou si le prix du pétrole croissait moins vite que prévu.

Conclusion

Les transports routiers engendrent des effets externes, dont un certain nombre ont un impact négatif sur notre environnement. Parmi eux nous trouvons les conséquences des accidents de la route et celles des émissions de gaz à effet de serre. Si les premières représentent un véritable coût pour la collectivité, les deuxièmes apparaissent de plus en plus comme un véritable défi pour le XXI^e siècle, tant en termes de coûts que de changements dans notre mode de vie. Ces deux effets constituent de véritables contraintes auxquelles la collectivité doit faire face.

Les choix effectués en matière d'infrastructures de transport ne sont pas neutres quant aux conséquences engendrées par les déplacements de personnes et de marchandises. Pour effectuer ses choix, la collectivité procède à des évaluations de ses projets. Ainsi, dans les évaluations mises en œuvre pour calculer la rentabilité d'un projet, ces deux contraintes sont mises en balance avec les avantages que le projet pourrait apporter, notamment en termes de gains de temps.

Si l'insécurité routière est considérée dans les évaluations par le biais d'une valeur officielle du coût du mort depuis la fin des années soixante-dix, les émissions de gaz à effet de serre sont, quant à elles, considérées que depuis récemment. Cette évolution dans le contenu des évaluations est le fruit d'une amélioration des connaissances scientifiques et d'une préoccupation accrue de la population vis-à-vis de ces effets négatifs. Cette évolution s'est traduite par une modification des textes législatifs qui encadrent le secteur des transports. La Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs, loi de référence, a ainsi été modifiée, au fur et à mesure, pour considérer davantage les effets externes dans les évaluations de projets. La considération des nuisances environnementales entraînées par la pollution atmosphérique et l'effet de serre a été particulièrement renforcée. Cette évolution s'est traduite également par une progression des méthodes utilisées pour valoriser ces effets. Les deux derniers rapports du Commissariat Général du Plan attestent de ces avancées en la matière. Cette évolution s'est traduite aussi par une actualisation des instructions ministérielles qui encadrent les évaluations. Elles ont suivi les recommandations de ces rapports et ont actualisé les valeurs des nuisances à retenir pour effectuer les calculs de rentabilité.

Le calcul économique évolue, progresse et s'enrichit, afin de tenir compte des effets

²⁹ Les tonnes de carbone produites dans le secteur des transports peuvent être exprimées en litres de carburant (indistinctement essence ou diesel pour une première approximation). En utilisant un coefficient de 0,83 tC par Tep (tonne équivalent pétrole) soit encore à 0,71 kgC par litre de carburant, une taxe internalisant la valeur de 100€ la tonne de carbone s'élèverait à 46 centimes par litre.

externes, pourtant les critiques qui lui sont adressées ne manquent pas. La place des évaluations dans le processus de décision est régulièrement remise en cause et la capacité du calcul économique à considérer les contraintes environnementales liées aux émissions de gaz à effet de serre est contestée.

Ainsi, le calcul économique est soumis à l'épreuve de nos contraintes du secteur des transports : à l'épreuve de leur valorisation tout d'abord et à l'épreuve de leur place et de leur poids dans les choix d'infrastructures de transport ensuite. D'une manière générale cela se traduit par une remise en cause de l'intérêt et de l'utilité du calcul économique.

Pourtant, en proposant des valeurs aux effets externes, la puissance publique tend à rendre au calcul économique son véritable rôle, à savoir un rôle d'outil d'aide à la décision. Le calcul économique oriente les choix en donnant des indications sur le champ des possibles en comparant sur la même base, avec le même langage, l'ensemble des projets.

Les mises en application de ce principe sont nombreuses dans le secteur des transports. Il s'applique surtout en matière d'investissements dans des infrastructures routières, comme nous le verrons au chapitre quatre, mais le calcul économique peut être utilisé également pour d'autres applications. Les recherches sur l'amélioration de la sécurité routière, par exemple, font partie des sujets sur lesquels le calcul économique peut apporter un éclairage.

Chapitre II. Le calcul économique comme outil d'aide à la décision : un exemple dans le domaine de la sécurité routière

« La valeur d'une chose réside parfois non dans ce qu'on en tire, mais dans ce qu'on paie pour elle, dans ce qu'elle nous coûte. » Friedrich Nietzsche

Introduction

Malgré les critiques qui lui sont adressées, le calcul économique reste indispensable pour apprécier l'efficacité socio-économique d'un investissement, surtout dans un contexte de rareté budgétaire. Les rapports du Commissariat Général du Plan ont tous rappelé l'utilité de disposer de cet instrument d'aide à la décision. Mais, si l'intérêt du calcul économique pour évaluer des investissements est régulièrement rappelé dans les documents, son caractère opaque et trop technocratique lui fait perdre une certaine crédibilité, notamment lorsque ces conclusions sont présentées dans le processus de décision des projets. En outre, il n'est pas évident pour les non initiés de comprendre comment il permet

d'optimiser l'action publique d'un point de vue économique.

L'objectif de ce chapitre sera de montrer le rôle et l'intérêt de disposer du calcul économique et de valeurs normalisées, comme celles de la vie humaine. En nous intéressant au problème de l'insécurité routière, nous verrons comment il peut apporter une aide à la décision lorsque la collectivité se trouve devant un choix d'investissement.

Devant l'objectif d'une réduction du nombre de morts et de blessés, la collectivité doit choisir entre plusieurs options d'investissements étant donné que tous ne sont pas réalisables pour des raisons budgétaires. Où et combien investir sont des questions auxquelles le calcul économique est susceptible d'apporter des réponses en montrant, par le biais d'une analyse coûts-avantages, l'utilité que peut avoir un investissement par rapport à un autre. Pour effectuer cette démarche, l'utilisation de valeurs économiques de la vie humaine est nécessaire pour évaluer les coûts entraînés par les accidents de la route.

- Dans un premier temps, nous reviendrons sur les méthodes d'évaluation de la vie humaine afin de voir comment elles sont construites.

L'évaluation économique de la vie humaine a fait l'objet de nombreuses recherches et de nombreuses méthodes existent pour en calculer les valeurs. Ces valeurs résultent désormais d'une appréciation de la collectivité de ce qu'il est 'économiquement' raisonnable de dépenser pour éviter un tué ou un blessé sur la route. Nous nous intéresserons aux implications de ces valeurs en matière d'investissements sur les infrastructures routières pour apporter un début d'explication quant au rôle que peut jouer le calcul économique.

- Dans un deuxième temps nous présenterons l'outil de simulation, baptisé SIMSEC, que nous avons élaboré afin de chiffrer les investissements nécessaires en fonction des retombées prévisibles d'une amélioration de la sécurité routière due à la mise en place de systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules.

L'outil, à la base, est issu des travaux effectués dans le cadre d'un programme de recherche qui s'est déroulé durant trois ans, de 2001 à 2004, et auquel nous avons participé. Ce programme, baptisé ARCOS, vise comme objectif une réduction de 30 % du nombre de tués dans les accidents par l'introduction de systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules. Après avoir présenté ce projet dans ses grandes lignes, nous présenterons le cadre d'analyse et les hypothèses de l'outil.

- Dans un troisième temps, nous regarderons l'implication des coûts économiques engendrés par les accidents de la route en matière d'investissements sur les véhicules à travers les solutions proposées par le programme ARCOS.

À partir d'une exploitation de l'outil et à travers un exemple d'application, nous montrerons que les implications des coûts économiques engendrés par les accidents sont importantes en matière de décision publique et que le consentement à payer des administrations, jouant un rôle clé dans le choix des priorités d'investissement, peut être important.

1. Calcul économique et sécurité routière : valorisation de la vie humaine et coût économique

Dans le domaine de la sécurité routière, la collectivité a depuis longtemps attribué une valeur à la vie humaine pour pouvoir juger de la pertinence de ses investissements dans des projets d'infrastructure de transport ou de travaux de sécurisation de la chaussée. Même si beaucoup considèrent, à juste titre, qu'une vie n'a pas de prix, il n'en reste pas moins qu'il est indispensable de disposer d'une valeur susceptible d'être utilisée dans le secteur des transports pour évaluer de façon cohérente diverses options d'investissement ayant des impacts différents en terme d'amélioration de la sécurité et faire en sorte que l'utilisation des ressources disponibles soit la plus efficace possible. Car comme le rappelle Alfred Sauvy : « *La formule : une vie humaine n'a pas de prix, se traduit dans la pratique par la valeur de la vie humaine est nulle* » (Sauvy, 1977). Ce qui n'est pas acceptable. Il s'agit donc de fixer une valeur que la collectivité accepte de prendre en compte pour une vie sauvée dans le secteur des transports.

En 1970, la valeur d'un tué était de 35 063 € (1970) et celle des blessés de 1 524 € (1970) (Ministère des Transports, 1970). En 2000, la valeur d'un tué est passée à 1 000 000 €, celle d'un blessé grave à 150 000 € et celle d'un blessé léger à 22 000 € (Ministère des Transports, 2004/2005). L'écart entre ces valeurs est important, il s'explique d'une part, par les changements de méthode d'évaluation qui ont été mis en œuvre pour calculer le prix de la vie humaine et d'autre part, par l'augmentation du degré de préoccupation de la puissance publique et des citoyens vis-à-vis de l'insécurité routière.

Dans un premier temps, nous passerons en revue les principales méthodes d'évaluation qui existent avant de voir comment la France a pris en compte ces valeurs pour le calcul économique. Cette présentation permettra de comprendre que les valeurs utilisées par le calcul économique sont le fruit d'une évolution tant dans leur contenu que dans leur sens.

Dans un second temps, nous regarderons ce qu'impliquent ces valeurs en termes d'investissements en imaginant que la collectivité investisse dans des mesures de sécurité sur les infrastructures routières. Cela nous permettra de mettre en lumière le rôle du calcul économique pour éclairer les choix d'investissement.

1.1. Les principales méthodes d'évaluation du prix de la vie humaine

Les essais d'évaluation de la valeur de la vie humaine ne sont pas nouveaux. Même si la plupart des chiffres avancés ont souvent été de nature pittoresque, de tout temps l'homme s'est essayé à mesurer et à chiffrer la valeur de la vie dans un but de comparaison ou d'efficacité économique. Depuis les premières évaluations, les méthodes ont largement évolué, même si certaines d'entre elles, celles du capital humain, s'inscrivent dans la continuité des premières estimations qui s'appuyaient sur la force productive de l'individu

pour en calculer la valeur.

Avant de présenter les différentes méthodes, il faut se mettre en mémoire quelle est la nature des coûts qui sont pris en compte entièrement ou partiellement par les méthodes.

1.1.1. Les coûts socio-économiques engendrés par les accidents de la route

Les coûts socio-économiques engendrés par la perte d'une vie ou une blessure grave ou légère sur la route se classent en trois grandes catégories (Le Net, 1994a ; Commission Européenne, 1994). Il y a :

1. les coûts marchands directs qui représentent l'ensemble des dépenses directement quantifiables occasionnées par un accident. Ils comprennent les coûts médicaux et sociaux, les coûts matériels et les frais généraux.
2. les coûts marchands indirects qui sont calculés à partir de données macro-économiques. Ils sont constitués essentiellement des coûts liés à la perte de production future ou potentielle des victimes.
3. les coûts non marchands qui concernent la transposition financière des souffrances physiques et psychiques des victimes et de leurs proches qui surviennent suite à un accident.

L'ensemble ou une partie de ces coûts seulement est pris en compte par les différentes méthodes de valorisation de la vie humaine, lesquelles tentent d'évaluer ces différentes composantes avec plus ou moins de précision. Les méthodes se subdivisent en trois grandes catégories, lesquelles se répartissent en plusieurs sous catégories.



Figure 10. Classification des différentes méthodes d'évaluation du prix de la vie humaine

Source : (Commission Européenne, 1994)

Le premier type de méthode, celle du coût d'indemnisation, est, sur le principe, le plus simple à mettre en œuvre, puisque celui-ci se base sur des observations réelles quant aux coûts qu'entraîne un accident. La seule barrière qui peut exister ici est celle de l'absence de données.

Le deuxième type de méthode, celle du capital humain, se fonde sur des estimations de la valeur de l'individu par le biais de son revenu et/ou de sa consommation (manque à produire net/brut) ainsi que son temps libre (années de vie sauvegardées). Cette méthode

est complexe à mettre en œuvre car elle demande d'avoir les données adéquates pour pouvoir estimer ces valeurs (revenu, consommation, âge, sexe, etc.). D'autre part, la méthode n'est pas appropriée pour estimer les coûts humains et elle reste très sensible aux valeurs des variables choisies (taux d'actualisation, taux de croissance). Cette méthode a été beaucoup utilisée, elle perd aujourd'hui du poids face à la méthode fondée sur le consentement à payer ou à accepter.

Le troisième type de méthode, celle du consentement à payer/accepter, est beaucoup plus simple à mettre en œuvre bien qu'il existe un certain nombre de biais méthodologiques lors de son élaboration. Cette méthode fait appel aux réponses des personnes pour déterminer la valeur de la vie (préférences déclarées). Elle est la seule qui englobe l'ensemble des coûts entraînés par un accident et parmi ceux-là, le plus difficile à estimer, la souffrance des personnes (les coûts humains).

Avant de voir plus en détail les méthodes d'évaluation du prix de la vie humaine, il faut savoir que :

- ces méthodes ne donnent pas les mêmes valeurs (puisqu'elles n'estiment pas forcément les mêmes coûts),
- mise à part la méthode fondée sur le consentement à payer, une seule méthode ne peut pas englober tous les éléments essentiels des coûts (généralement plusieurs méthodes sont combinées pour arriver à une estimation de la valeur de la vie humaine,
- les méthodes du coût d'indemnisation et du capital humain sous-estiment la valeur de la vie (elles ont notamment du mal à estimer les souffrances, douleurs et peines qu'un accident entraîne),
- la méthode fondée sur le consentement à payer conduit à une valeur élevée, car elle ne fait pas appel qu'à des principes économiques, mais relève également d'un principe philosophique,
- il y a actuellement une préférence à utiliser la méthode fondée sur le consentement à payer. Bien qu'elle soit non neutre, car celle-ci est fondée sur les préférences individuelles, cette méthode donne des valeurs plus élevées qu'avec les autres méthodes. Elles ont l'avantage également d'être plus en cohérence avec les préoccupations de la société vis-à-vis de l'insécurité routière.

1.1.2. Les méthodes du coût d'indemnisation

Cette méthode se fonde sur les ressources engagées pour corriger les effets de l'accident. Elle mesure le coût pour la collectivité de l'indemnisation de la victime ou de ses proches en vue de rétablir la situation antérieure à l'accident. Elle repose souvent sur la valeur effective des facteurs de production qui concourent à atteindre cet objectif (travail et/ou capital). Ces chiffres réels sont parfois remplacés par des valeurs dérivées d'avis d'expert ou de décisions de justice. Ces valeurs servent en particulier de base au calcul des indemnités payées par les compagnies d'assurances. En théorie, cette méthode permet de mesurer un vaste éventail de coûts à l'exception de la perte de

capacité de production. Son efficacité dépend de la disponibilité et de la qualité des sources statistiques.

Cette méthode permet, entre autres, de mesurer les coûts médicaux et sociaux, les dommages matériels, les frais généraux et également le préjudice moral des victimes et proches. Mais elle a pour principale limite le fait que les indemnités versées aux victimes ou proches de la victime dépendent en grande partie du contexte dans lequel l'accident s'est produit et du statut de l'individu dans la société. Avec cette méthode, la valeur de la vie humaine n'est jamais la même et pose donc un problème éthique : la vie d'un cadre vaudrait plus que celle d'un chômeur ? Selon les cas, les valeurs seront alors extrêmement différentes (Bourrié-quenillet, 1994). Néanmoins elle reste une méthode qui permet d'estimer d'une façon économiquement précise certains des coûts entraînés par un accident (dégâts matériels, dégâts à la propriété, dégâts causés aux personnes, etc.)

1.1.3. La méthode du capital humain

Au début des années soixante, des économistes ont essayé de chiffrer le prix des vies perdues sur la route. Ils se plaçaient toujours du point de vue de la collectivité sans prendre en compte les pertes d'utilité pour l'individu. Cette approche tire ses sources du postulat suivant : la valeur accordée à la vie d'un individu est celle correspondante à sa contribution au bien-être de la société. Le bien-être considéré correspond à la production ou la richesse que l'individu procure à la collectivité par son travail rémunéré. Ainsi, en améliorant la sécurité sur les routes, le bien-être collectif mesuré par la production s'en trouve augmenté.

Le deuxième type de méthode change de principe, la valeur de la vie humaine n'est plus estimée *ex-post* mais plutôt *ex-ante*, avant que l'accident ne survienne. Il existe deux méthodes pour calculer la valeur d'une vie humaine selon l'approche du capital humain : l'approche nette et l'approche brute. Ces deux approches cherchent essentiellement à actualiser ce que l'individu peut apporter à la société jusqu'à son décès probable. Elles se rattachent à une certaine conception de l'homme assimilé ici à un capital productif. « À partir du début de la phase d'utilisation, la valeur économique d'un individu comme celle d'un bien capital peut être mesurée par la somme actualisée des valeurs annuelles de sa production future. » (Schultz, 1961).

Les méthodes dites du capital humain sont nées d'un double mouvement : d'une part, du besoin de l'État de rationaliser son action en pratiquant une certaine "arithmétique politique" et d'autre part, de la tradition des "ingénieurs-économistes" en France, appliquant des méthodes rationnelles et précises permettant de calculer le "coût" d'une vie humaine perdue sur la route.

a) L'approche des pertes nettes

L'approche nette estime la valeur d'une vie humaine par la valeur actuelle de tout ce qu'apporte l'individu à la société (production) diminué de ce que l'individu retire de sa production (consommation). La valeur est calculée selon la formule suivante :

$$V_{ia} = \sum_{n=a}^{\infty} (Y_n - C_n) P_a^n (1+r)^{-(n-a)} \text{ où :}$$

V_{ia} présente la valeur de l'individu i à l'âge a ,

Y_n le revenu de l'individu à la période n ,

C_n représente la consommation à la période n ,

P_a^n représente la probabilité à l'âge a de vivre jusqu'à n ,

r le taux d'actualisation.

Cette approche va être contestée. Un des points de divergence entre les économistes porte sur la question de la prise en compte ou non, dans les calculs, de la consommation qu'aurait eue l'individu. En effet dans l'approche en terme de pertes nettes de production, la valeur marchande d'un individu est réduite à sa seule production nette future. Dans cette estimation strictement marchande, la valeur intrinsèque de l'individu n'est pas prise en compte. L'approche en termes de pertes brutes de production comble cette lacune.

b) L'approche des pertes brutes

Une première solution ou plutôt modification de la méthode des pertes nettes, pour se rapprocher de la valeur intrinsèque des individus, est de raisonner en terme de pertes brutes de production. Cette méthode pose en fait une hypothèse implicite : la perte de jouissance d'une vie pour la victime ou pour ses proches peut être approchée forfaitairement par la valeur marchande des consommations de l'individu. Cette méthode considère qu'il y a deux composantes dans la valeur d'une vie humaine : la valeur personnelle et, du point de vue de la collectivité, la valeur économique. L'approche par les pertes brutes de production assimile la valeur personnelle d'un être humain à sa consommation privée. La valeur est calculée selon la formule suivante :

$$V_{ia} = \sum_{n=a}^{\infty} Y_n P_a^n (1+r)^{-(n-a)} \text{ où :}$$

V_{ia} présente la valeur de l'individu i à l'âge a ,

Y_n le revenu de l'individu à la période n ,

P_a^n représente la probabilité à l'âge a de vivre jusqu'à n ,

r le taux d'actualisation.

Les différents coûts productifs et intangibles sont estimés séparément pour ensuite être additionnés afin de former la première valeur dite "complète" d'une vie humaine. La partie intangible est alors calculée à l'aide des jugements des tribunaux et des indemnités versées aux victimes.

Le recours à la méthode de la perte nette de production plutôt qu'à celle de la perte brute dépend du point de vue choisi :

- d'un point de vue macro-économique, la question de la déduction de la consommation future de la victime ne se pose pas. En effet, dans l'optique nationale, la consommation d'une personne décédée correspond au revenu d'un autre citoyen. La valeur de la perte de capacité productive doit donc être estimée par la méthode de la perte brute.
- d'un point de vue micro-économique, la valeur économique d'un individu repose sur sa production nette future et sur sa valeur personnelle. Certains auteurs assimilent cette valeur personnelle à la consommation privée. Sous cette hypothèse, la perte de capacité productive doit être évaluée par la méthode de la perte nette de production : la partie du revenu consacrée à la consommation apparaît alors comme une estimation implicite des coûts humains.

Nous nous trouvons devant l'alternative suivante : soit nous considérons la production nette et il faut alors rajouter d'autres éléments (perte de jouissance de la vie, souffrances des proches), soit nous considérons la production brute, mais il ne faudrait pas alors prendre en compte ces autres éléments, du moins dans la mesure où ceux-ci l'ont déjà été par le biais de la consommation : une telle pratique ferait courir le risque de compter deux fois la même chose.

c) Problèmes méthodologiques

Il existe de nombreux problèmes liés à ces deux types de méthodes.

- Il y a des problèmes de recueil de données concernant l'espérance de vie des personnes, leur degré de participation dans le marché du travail, les revenus des individus, le taux d'actualisation des revenus, les hausses de productivité.
- Le fait d'utiliser la méthode du capital humain, nous ramène à la valeur de notre contribution au Produit Intérieur Brut et donc à la maximisation du PIB collectif, car plus notre contribution au PIB est importante plus notre vie vaut cher selon cette méthode. Il y a donc un problème d'acceptation sociale. Par exemple, statistiquement les femmes ont un revenu inférieur à celui des hommes. Comment faire accepter à la société que la vie d'une femme vaudrait moins que celle d'un homme ?
- La valeur de l'individu se résume à sa contribution à la production nationale. Il y a alors un problème de mesure des salaires des personnes dont le statut ne passe pas par le marché du travail. C'est le cas, entre autres, des personnes qui au sens de la comptabilité nationale sont des inactifs, comme les chômeurs et les retraités. Un décès sur la route apparaît alors comme un gain net pour la collectivité qui n'aura plus à verser de retraites ou d'allocation chômage.
- Les résultats obtenus sont très sensibles au choix du taux d'actualisation et de croissance des revenus. L'écart peut varier du simple au double, ce qui n'est pas sans poser de problème de cohérence de la méthode.
- La méthode du capital humain ne mesure pas exactement la valeur intrinsèque du dommage, le *pretium mortis* ou *doloris*, lorsqu'il y a une perte de vie humaine ou des souffrances liées à des blessures graves.
- Pour ce qui est de la méthode des pertes brutes, faire l'hypothèse que la consommation de l'individu représente son utilité à vivre est forte pour deux raisons :
 - d'une part, elle suppose que toute la jouissance de la vie se résume dans la consommation,
 - d'autre part, elle suppose que toute consommation est plaisir. Or, il faut distinguer des consommations obligées (comme faire les courses, payer son essence), et des consommations non obligées (partir en vacances, etc.).

Avec les années soixante-dix et le changement de contexte socio-économique, les méthodes de capital humain perdent en pertinence et ne vont pas être en mesure de fournir des valeurs plus élevées sans dénaturer la méthode. Le décalage va grandir entre d'une part la faiblesse des valeurs calculées par les méthodes de capital humain et d'autre part, les aspirations collectives et notamment les préoccupations sécuritaires relayées par la volonté des décideurs, du moins dans les pays précurseurs, de disposer de valeurs "politiquement plus correctes". Les besoins vont donc se faire sentir soit d'intégrer dans les schémas déjà existants ces nouvelles données, soit de créer d'autres méthodes capables de les intégrer.

1.1.4. Les méthodes du capital humain compensé

Cette méthode est calquée sur la précédente, elle se fonde sur la production des

individus. Les particularités des méthodes du capital humain compensé sont qu'elles vont, soit changer certaines variables, soit intégrer une nouvelle composante : les coûts humains.

a) La méthode des pertes brutes modifiées ou compensées

Du point de vue des méthodes existantes, pour donner une valeur intrinsèque à tous les individus, les économistes vont ajouter à la méthode des pertes brutes de production une nouvelle composante visant à intégrer, à travers une estimation monétaire, les douleurs pour les proches et pour la victime si elle est blessée gravement. Cette nouvelle composante reprend l'idée de Abraham et Thédié qui avait été d'inclure les éléments affectifs dans leurs calculs (Abraham et Thédié, 1960).

À travers l'ajout de cette composante, les méthodes tentent de prendre en compte les coûts humains en estimant les dommages versés par les assurances aux proches de la victime en cas de décès. La valeur personnelle de l'individu (appréciation de la vie vécue par soi-même) est donc appréhendée sous deux aspects : l'aspect matériel à travers les consommations non réalisées, l'aspect immatériel à travers les indemnités des assurances suite à l'accident. En France, la méthode du capital humain va être appliquée, mais en y ajoutant cette composante pour tenir compte des douleurs morales. La compensation se fait à hauteur de 8 % de la valeur totale de la vie humaine (Le Net, 1994a).

La méthode du capital humain compensé distingue donc trois catégories de coûts dans le calcul du prix de la vie humaine :

- les coûts marchands directs, composés des coûts médicaux et sociaux, des coûts matériels et des frais généraux ;
- les coûts marchands indirects qui sont constitués de la perte de production brute ;
- les coûts non marchands estimés par la jurisprudence des compagnies d'assurance.

b) La méthode des années de vie sauvegardées

Cette méthode, développée par l'Organisation Nationale pour la Sécurité Routière à la fin des années quatre-vingts, puis reprise par l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), anciennement l'ONSER, dans les années quatre-vingt-dix, est fondée sur la valorisation du temps de vie sauvegardé (Duval *et al*, 1993).

La méthode remet en cause les fondements de la méthode du capital humain puisque dans une perspective économique de persistance du chômage, la perte de production résultant du décès prématuré d'un actif occupé est en moyenne peu importante, voire nulle. Aussi, la liaison entre la valeur socio-économique de la vie humaine et la perte de production, qui avait été établie sous l'hypothèse du plein emploi, est beaucoup moins pertinente.

D'un point de vue pratique, la méthode repose sur une valorisation des variations de bien être d'un individu, caractérisé par le temps sauvegardé pour les activités humaines,

et du reste de la collectivité quand la vie de cet individu est sauvegardée. Pour calculer la valeur d'une vie humaine, cette méthode combine différentes méthodes d'évaluation : une micro-économique, une judiciaire et une macro-économique.

L'approche micro-économique consiste à étudier une liaison entre la valeur socio-économique d'une vie d'un individu et les valeurs du temps associées aux activités de cet individu. L'individu, en fonction de son âge, de sa catégorie socioprofessionnelle, de son espérance de vie et de sa probabilité d'être au chômage, se trouve à la tête d'un capital de temps professionnel, de temps de travail domestique et de temps de loisir. Ce que vaut sa vie est lié à la valeur de ces capitaux temps et à la valeur de sa consommation. La méthode calcule alors les budgets temps annuels multipliés par les valeurs collectives horaires appropriées. L'approche macro-économique et judiciaire consiste à dire que la collectivité n'a pas à supporter les coûts marchands directs et les coûts humains du fait que la vie de l'individu est sauvegardée.

Si cette méthode est très cohérente et prend en compte toutes les activités de l'homme, elle pose quand même quelques problèmes. Notamment elle reste, comme les autres méthodes, sensible aux taux d'actualisation et de croissance des revenus et surtout elle ne parvient pas à mesurer ce qu'il est recherché désormais à prendre en compte, à savoir la valeur intrinsèque du dommage, le *pretium mortis* ou *doloris*, lorsqu'il y a perte de vie humaine ou des souffrances liées à des blessures graves.

Les dernières méthodes que nous allons voir viennent combler les lacunes auxquelles se heurtaient les précédentes. La valeur de la vie humaine est évaluée comme un tout sans distinction de coûts. Le changement de méthode permet d'obtenir des valeurs plus élevées. Dès lors, les méthodes passent d'une logique d'imputation des coûts à une logique de révélation des préférences.

1.1.5. Les méthodes du consentement à payer ou à accepter

Au quotidien, les individus prennent des risques et mettent leur vie en jeu pour recevoir le bénéfice d'activités risquées comme, par exemple, conduire une voiture ou fumer. Par ailleurs, les personnes sont prêtes à supporter des coûts pour réduire le risque auquel ils font face. Acheter des serrures, payer plus cher une voiture pour avoir des options de sécurité, sont des comportements visant cet objectif. Les individus attribuent donc implicitement, par leur comportement, une valeur à leur vie. Les méthodes du consentement à payer ou à accepter s'appuient sur ce postulat. Les valeurs issues de ces méthodes vont donner des valeurs à la vie humaine beaucoup élevées (Infras/IWW, 1995).

a) Le consentement individuel

Vers la fin des années quatre-vingts, c'est l'ensemble du schéma d'évaluation fondé sur les méthodes de capital humain qui est revu. Le choix des méthodes du consentement à payer ou à accepter est justifié par leur meilleure adéquation aux analyses coûts/avantages. Mais, derrière ce prétexte, ces méthodes cautionnaient une volonté politique d'augmenter les valeurs.

Dans la méthode du consentement individuel, la valeur de la vie humaine est établie sur les préférences déclarées des individus à partir d'enquêtes portant sur des échantillons représentatifs de la population. La méthode se fonde sur un questionnaire qui essaie de cerner les sommes d'argent que les individus consentiraient à verser pour obtenir une réduction de risque. Ainsi un risque et des sommes d'argent sont mis en balance, d'où l'induction de valeurs de la vie humaine. Les personnes ne sont pas interrogées sur leurs préférences à payer pour l'évitement de leur mort, mais pour un changement de risque général. En effet pour l'opinion publique, la valeur de la vie humaine varie de façon considérable selon l'identité de la personne et les conditions dans lesquelles sa vie est en jeu. Dans cette méthode, afin d'éviter d'avoir des valeurs extrêmement élevées, le questionnement est fondé sur l'anonymat des personnes décédées.

Pour calculer la valeur de la vie humaine, il est demandé aux enquêtés quelle somme d'argent ils seraient prêts à payer pour voir diminuer le risque de se faire tuer sur les routes (Le Net, 1994b). Par exemple, « *une mesure est capable de réduire le risque d'accident mortel sur la route de 4 cas pour 10 000 à 3 cas pour 10 000. Quelle somme d'argent seriez-vous prêt à donner, en plus de toutes taxes ou impôts, pour que le risque d'être tué sur les routes diminue de 1 pour 10 000 ?* »

On peut résumer son mode de calcul de manière suivante :

Valeur implicite de la vie humaine = Disposition à payer / Changement de risque observé

Imaginons que les individus soient prêts à payer pour cette réduction de risque de 1 cas pour 10 000, un montant de 100 euros chacun. Pour trouver la valeur de la vie humaine, nous divisons la valeur de la préférence individuelle à payer pour une réduction du risque général par le changement de risque observé. Soit : $V = 100 / 0.0001$ (réduction du risque) = 1 000 000 €

Avec cette méthode, la vie est valorisée de façon globale sans distinguer les coûts directs, la perte de production et les souffrances.

La méthode du consentement à payer se fonde sur un questionnaire individuel portant sur un échantillon représentatif de la population. Toutefois, en dépit d'un traitement statistique de vérification de la cohérence des réponses, ce mode de détermination des valeurs est critiqué pour plusieurs raisons. Outre les biais inhérents à ce type d'évaluation par questionnaire (Le Net, 1994b), il y a également d'autres limites :

- la méthode permet d'estimer la valeur de la vie humaine *ex-ante*, or une évaluation *ex-ante* n'est valable que lorsqu'elle reflète la situation *ex-post*, ce qui n'est jamais le cas dans la méthode du consentement à payer parce que *ex-post*, l'identité de la ou des personnes décédées est connue et que les individus auraient été prêts à verser un montant qui aurait sûrement été plus élevé que la somme établie *ex-ante*.
- l'expérience personnelle (par exemple avoir eu ou pas un accident) influe sur les réponses données par les individus (coefficient amplificateur de 1 à 10, (CEMT, 2001)).

- le revenu et l'âge ont également une incidence sur le consentement à payer. Par exemple, c'est à 40 ans que l'on attribue le plus de valeur à sauver une vie humaine (Le Net, 1994b). Pour le revenu, il y a une élasticité du consentement à payer au revenu proche de 0,3 (CEMT, 2001). Ces influences peuvent être cependant rectifiées en partie.

Quoi qu'il en soit, cette méthode reste celle qui permet au mieux d'approcher la valeur de la vie humaine. Dans le même principe, l'État ou la collectivité dans son ensemble, consentent à payer pour épargner des vies.

b) Le consentement de la société

Une autre méthode pour évaluer la vie humaine consiste à déterminer la valeur implicite qui est imputée à celle-ci non par l'entremise des décisions de l'individu, mais par l'entremise des décisions administratives et politiques. Sur le plan théorique, il convient de remarquer que la vie humaine et la sécurité des personnes sont parmi les domaines où l'action tutélaire de l'État s'exerce le plus fortement pour substituer une volonté collective aux désirs privés : lutte contre les consommations augmentant la probabilité de décès (drogue, tabac, alcool, etc.) La sécurité est, parmi tant d'autres, un domaine où la présence d'externalités doit conduire à corriger les appréciations individuelles.

Cette approche est dite "tutélaire" car c'est la puissance publique qui fixe ici une valeur à la vie humaine. L'État ou la collectivité dans son ensemble, assigne, souvent implicitement, une valeur à la vie humaine par des décisions prises en la matière. Par conséquent, des mesures de prévention des accidents ne seront adoptées que si les avantages qu'elles sont censées apporter excèdent les coûts. Ces décisions sont influencées par les pouvoirs législatifs, exécutifs ou judiciaires, par les pouvoirs publics et la population.

Cette méthode est pertinente et utile car elle permet d'égaliser les coûts marginaux du gain d'une vie à travers les différents programmes. Par exemple, s'il en coûte 10 000 euros par année pour implanter une mesure dans le secteur des transports qui sauverait une vie par année alors qu'une mesure dans le secteur de la construction donnerait le même résultat, mais en coûtant 30 000 euros par année, il est plus « rentable » d'investir dans le premier projet plutôt que le deuxième.

1.2. Le prix de la vie humaine en France

Il y a actuellement une tendance à ce que les méthodes de valorisation de la vie humaine se tournent de plus en plus vers les méthodes du consentement à payer fondées sur les préférences déclarées. Cela tient à plusieurs raisons que nous avons déjà évoquées. Nous pouvons toutefois rappeler les principales :

- cette méthode donne des valeurs plus élevées, ce qui est plus en adéquation avec l'aspiration des citoyens à une meilleure sécurité ;
- cette méthode établit le prix de la vie humaine de façon globale, sans distinguer les

différents coûts, ce qui permet d'éviter les fluctuations de la valeur dues à l'âge, au revenu, au sexe, *etc.* ;

- cette méthode n'est pas dépendante de variables comme le taux d'actualisation et le taux de croissance qui ont des impacts sur le niveau de la valeur de la vie humaine.

Les recherches en cours portent principalement sur la façon d'améliorer cette méthode, en corrigeant tous les biais qui lui sont inhérents (biais de la méthode, biais des réponses, biais dans le traitement des réponses, *etc.*).

Les coûts liés à l'insécurité routière ont été les premiers à être intégrés dans l'évaluation socio-économique des infrastructures de transport. La nécessité de perfectionner les méthodes de calcul de l'utilité économique des investissements routiers fut, à la fin des années cinquante, à l'origine des premières recherches sur le prix de la vie humaine et le coût moyen d'un blessé sur la route.

Ces premières études conduites par Abraham et Thédié étaient fondées sur la notion de perte de production. En 1953, ces deux auteurs introduisent en France le concept de « coût de la vie humaine ». La notion est présentée aussi bien dans les revues scientifiques (Abraham et Thédié, 1960) que dans les groupes de travail administratifs. Elle est pour la première fois introduite dans la circulaire du ministère de l'Équipement du 20 janvier 1970 relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers (Ministère des Transport, 1970).

À la fin des années soixante-dix, cette approche par la méthode des pertes de production fut renouvelée. En effet, les premiers travaux s'inscrivaient dans le contexte socio-économique d'une époque de plein emploi. Or, au fil du temps, la situation économique et le schéma social ont changé : chômage, réduction de la durée de travail, *etc.* Ainsi, la France est passée par différentes méthodes de valorisation de la vie humaine. De l'utilisation de la méthode du capital humain à celle du capital humain compensé, elle se tourne désormais vers les méthodes basées sur les préférences déclarées. Les valeurs officielles, celles utilisées pour le calcul économique ont suivi l'évolution des méthodes et des valeurs.

Tableau 10. Du capital humain au consentement à payer : résultats des principaux travaux de recherche en France sur la valorisation de la vie humaine

Chapitre II. Le calcul économique comme outil d'aide à la décision : un exemple dans le domaine de la sécurité routière

Année	1960	1979	1993	1994 M.	1994	1995 B.	2001
Auteurs	Abraham Thédié	ONSER	INRETS	Le Net	Boiteux I	Desaigues	Boiteux II
Méthode	Capital humain	Années de vie perdues	Années de vie sauvegardées	Capital humain compensé	Capital humain compensé	Consentement à payer	Consentement à payer
Tué	22 867 € (1960)	243 918 € (1985)	609 796 € (1993)	548 816 € (1993)	548 816 € (1993)	838 469 € (1995) scénario 1000 vies	1 000 000 € (2000)
Blessé grave	-	-	14 075 € (1996)	56 406 €	56 406 €	-	150 000 €
Blessé léger	-	-		12 043 €	12 043 €	-	22 000 €

Source : (Chevasson et Crozet, 2003)

Les premiers en France à avoir proposé une méthode et une valeur à la vie humaine sont Abraham C. et Thédié J. en 1960. Ces derniers ont estimé que les pertes résultant de la mort d'une victime "moyenne" de la route se chiffraient à 22 867 € (1960). Cette valeur était le résultat de la perte nette de l'individu, de la perte "auto-consommée" (sa consommation) et de la perte affective.

En 1979, l'ONSER développe une méthode fondée sur les années de vie perdues qui deviendra ensuite celle des années de vie sauvegardées. Cette méthode repose sur l'exploitation de budgets-temps associés aux activités humaines. Avec cette méthode, l'ONSER arrive à une valeur du tué de 243 918 € (1985).

À la même époque, fin des années quatre-vingts, Le Net développe une méthode qui reprend le principe de celle élaborée par Abraham et Thédié. Dans cette méthode, le résultat dépend des pertes directes, des pertes brutes et des pertes affectives. En 1990 et 1994, Le Net reprend sa méthode pour actualiser les valeurs (Le Net, 1994a). Pour l'année 1990, il arrive cette fois-ci à une valeur du tué de 548 816 € (1993).

Parallèlement, l'INRETS, au début des années quatre-vingt-dix, reprend sa méthode développée en 1979 en la complétant et en la complexifiant. En 1992 et 1993, l'institut effectue une actualisation et arrive à une valeur du tué de 613 428 € (1993) (Duval *et al*, 1993) et à une valeur du blessé de 14 075 € (1996) (Duval *et al*, 1996).

L'augmentation des valeurs est le résultat d'une plus grande complexité des méthodes de valorisation, mais c'est également l'expression d'une aspiration de la société à une meilleure sécurité sur les routes. Pourtant, bien que les valeurs de la vie humaine augmentent, les valeurs françaises restent en bas de la fourchette des valeurs européennes. C'est une des raisons pour lesquelles, au début des années quatre-vingt-dix, les techniques de valorisation de la vie humaine se tournent vers une autre méthode, celle fondée sur les préférences déclarées individuelles.

En 1993, plusieurs organismes décident de financer une évaluation contingente de la valeur de la vie humaine pour des accidents de la route. C'est la première étude utilisant

cette méthodologie en France. Le principe de cette méthode a été vu dans précédemment. Les valeurs sont associées à des scénarios de "sauvetage" de victimes de la route. Avec cette méthode, Michel Le Net arrive à une valeur du tué, pour un scénario 'sauver 1000 vies' de 2 688 895 € (Le Net, 1994b).

En reprenant les résultats de cette étude et une fois recalculée, avec des méthodes économétriques qui permettent de corriger les biais associés à cette méthode, la valeur du tué est ramenée à 838 469 € (1995) (Desaigues, 1995).

Toutefois, même si cette méthode donne des valeurs plus élevées que celles obtenues avec les autres méthodes, en 1994, le Commissariat Général du Plan ne disposant pas des résultats des études engagées, a décidé de privilégier la méthode du capital humain compensé en s'appuyant sur les résultats concordants des études de M. Le Net et celles de H. Duval. La valeur d'un tué est alors fixée à 564 061 € (1994), celle d'un blessé grave à 56 406 € et celle d'un blessé léger à 12 043 € (CGP, 1994).

Ce n'est qu'en 2001, pour être en cohérence avec les résultats issus des enquêtes fondées sur les préférences déclarées, que le Commissariat Général du Plan, dans son dernier rapport, a rehaussé la valeur de la vie humaine. Ainsi la valeur du tué a été fixée à 1 000 000 € (2000), la valeur d'un blessé grave à 150 000 € et celle d'un blessé léger à 22 000 € (CGP, 2001).

Parallèlement à ces évolutions méthodologiques, les documents administratifs, qui fixent officiellement les valeurs à prendre en compte dans les évaluations de projets, ont été actualisés pour tenir compte des avancées des recherches sur le prix de la vie humaine.

Tableau 11. Les valeurs officielles de la vie humaine en France

Valeurs officielles	Instruction Janvier 1970	Instruction Novembre 1974	Instruction Mars 1980	Instruction Mars 1986	Instruction Octobre 1995	Instruction Octobre 1998	Instruction Mars 2004/2005
Tué	35 063 € (1969)	57 931 € (1974)	152 449 € (1980)	243 918 € (1985)	564 061 € (1994)	564 061 € (1994)	1 000 000 € (2000)
Blessé grave	1 524 €	2 592 €	4 573 €	22 105 € 1 448 €	58 083 € 12 348 €	58 083 € 12 348 €	150 000 € 22 000 €
Blessé léger							

Source : Instructions (1970, 1980, 1986, 1995, 1998, 2004).

La première instruction de 1970 s'est appuyée sur les résultats des premiers travaux effectués sur la valorisation de la vie humaine, notamment sur ceux d'Abraham et Thédié. En 1974, il est proposé une simple actualisation des ces valeurs. En 1980, l'instruction a fixé des valeurs issues des résultats de la méthode développée en 1979 par l'ONSER. De même, en 1986, les valeurs fournies par l'instruction sont issues de l'actualisation des valeurs proposées par cette même méthode. En 1995, l'instruction s'est appuyée sur les travaux de la valorisation de la vie humaine par la méthode du capital humain compensé. Celle de 1998 reprend les mêmes valeurs. En 2005, l'instruction a suivi les

recommandations du rapport du Commissariat Général du Plan, qui s'est appuyé sur les résultats des méthodes fondées sur les préférences déclarées pour fixer de nouvelles valeurs, beaucoup plus élevées.

1.3. Valeurs de la vie humaine, coûts économiques de l'insécurité routière et décisions d'investissement sur les infrastructures routières

La valorisation de la vie humaine implique l'existence d'un coût économique des accidents de la route pour la collectivité. Ces valeurs ne sont donc pas neutres vis-à-vis des investissements que la collectivité pourrait effectuer en vue d'améliorer la sécurité routière. Intéressons-nous à présent à ce qu'impliquent ces valeurs de la vie humaine en termes d'investissements pour la collectivité en nous plaçant dans une optique où les dépenses, en vue d'améliorer la sécurité routière et faire baisser le nombre d'accidents sur les routes, seraient orientées sur les infrastructures routières³⁰. Compte tenu du niveau d'insécurité routière et des valeurs de la vie humaine, nous pouvons établir des relations entre le montant des investissements et le nombre d'accidents corporels à supprimer (ou qui devraient être supprimés) sur les réseaux considérés pour que le bilan coûts-avantages pour la collectivité soit positif ou au minimum égal à zéro.

Nous nous intéresserons ici seulement aux réseaux autoroutiers (A) et nationaux (RN) en prenant comme année de référence 2004, pour laquelle l'ensemble des données nécessaires est disponible. Nous sommes partis des valeurs de la vie humaine pour arriver au coût économique global de l'insécurité routière. Pour l'année 2004 et pour les réseaux qui nous intéressent celui-ci était de 2 743,8 M€. Ce chiffre est obtenu en tenant compte du nombre de personnes touchées par les accidents de la route, classées par catégorie de gravité, et des valeurs de la vie humaine telles que définies par le rapport du Commissariat Général du Plan et actualisées à l'année 2004. Ce chiffre signifie qu'en théorie la collectivité serait prête à dépenser plus de 2 milliards d'euros pour supprimer les 1 487 tués, 3 748 blessés graves et 18 239 blessés légers que nous trouvons sur les autoroutes et sur les routes nationales cette année là.

À partir de ce coût pour la collectivité et compte tenu des différents types de réseau routier national et de leur longueur, nous arrivons à un coût de l'insécurité routière par réseau et par km de réseau. Ainsi nous avons comme indicateur le coût global de l'insécurité routière par réseau et par km de réseau, que nous pouvons décliner éventuellement selon la catégorie de gravité (tué, blessé grave ou léger). Nous utiliserons par la suite comme indicateur de travail celui du coût d'insécurité routière global.

Pour l'année 2004, les valeurs de la vie humaine sont de 1 119 720 € pour le tué, 167 958 € pour le blessé grave et de 24 634 € pour le blessé léger. Nous sommes partis des valeurs de la vie humaine à l'année 2000 (valeur 2000), qui étaient de 1 million d'euro pour la valeur du tué, 150 000 euro pour la valeur du blessé grave et de 22 000 euro pour

³⁰ Les investissements en la matière sont nombreux et variés. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, la mise en place de ronds points, de barrières de sécurité, de ralentisseurs, de revêtements adhérents, de radars automatiques, etc.

la valeur du blessé léger et nous les avons fait évoluer comme la Consommation Finale des Ménages par tête en volume et en prix jusqu'en 2004. Par la suite ces valeurs évolueront comme la CFM/t en volume (hors inflation) pour avoir des valeurs en euro constant afin de réaliser les calculs. Par ailleurs nous ne tenons pas compte des dégâts matériels puisque ceux-ci représentent de simples transferts entre les automobilistes et les compagnies d'assurance. Les valeurs de la vie humaines sont des valeurs nettes.

En 2004, le réseau routier français est constitué de 1 000 960 km de routes, 1,0 % d'entre elles sont des autoroutes (concédées ou non), 2,7 % sont des routes nationales, 35,9 % sont des routes départementales et 60,4 % sont des voiries communales. Le trafic routier, en nombre de véhicules-kilomètres, est de 559 milliards de véh.km. Celui-ci se répartit à hauteur de 21,6 % sur les autoroutes, 17,2 % sur les routes nationales, 35,7 % sur les routes départementales et 25,4 % sur les voiries communales.

Tableau 12. Coût de l'insécurité routière selon les réseaux routiers en 2004

	Autoroute (A)	Route nationale (RN)	Ensemble (A+RN)
Données accidentologiques			
Nombre d'accidents corporels	4 650	10 958	15 608
Nombre de tués	301 (5,8 %)	1 186 (22,7 %)	1 487
Nombre de blessés graves	803 (4,6 %)	2 945 (16,9 %)	3 748
Nombre de blessés légers	5 832 (6,4 %)	12 407 (13,6 %)	18 239
Caractéristiques des réseaux			
Longueur du réseau en km	10 383	26 625	37 008
Nombre de véh.km en milliards	121	96	217
Véh.km en milliards pour 100 km de réseau	1,17	0,36	0,59
Coût de l'insécurité routière en euros 2004			
Coût par catégorie de gravité	615 571 482	2 128 258 268	2 743 829 750
Dont tués	337 035 720	1 327 987 920	1 665 023 640
Dont blessés graves	134 870 274	494 636 310	629 506 584
Dont blessés légers	143 665 488	305 634 038	449 299 526
Coût par km de réseau	59 286	79 935	74 142
Dont tués	32 460	49 877	44 991
Dont blessés graves	12 990	18 578	17 010
Dont blessés légers	13 837	11 479	12 141
Coût par milliards de véh.km parcourus	5 087 368	22 169 357	12 644 377
Dont tués	2 785 419	13 833 208	7 672 920
Dont blessés graves	1 114 630	5 152 462	2 900 952
Dont blessés légers	1 187 318	3 183 688	2 070 505

Source : (ONSIR, 2005) + Auteur

Si nous nous référons aux coûts de l'insécurité routière selon les réseaux routiers pour l'année 2004 :

- Sur autoroute, la collectivité est prête à investir 59 286 € par km de réseau pour 100 % des accidents corporels supprimés, soit 4 650 accidents. Cela ferait un niveau d'investissement total pour l'ensemble du réseau autoroutier de 615,5 M€.
- Sur les routes nationales, la collectivité est prête à investir 79 935 € par km de réseau pour 100 % d'accidents corporels supprimés, soit 10 958 accidents corporels. Cela ferait un niveau d'investissement total pour l'ensemble des routes nationales de 2 128,3 M€.
- Sur l'ensemble de ces deux réseaux, la collectivité est prête à investir 74 142 € par km de réseau pour 100 % d'accidents corporels supprimés, soit 15 608 accidents corporels. Cela ferait un niveau d'investissement total pour l'ensemble des deux réseaux de 2 743,8 M€.

Ces montants d'investissement sont à prendre comme des coûts d'opportunité. Les coûts d'opportunité sont des coûts qui se présentent lorsqu'une utilisation restreint les autres utilisations possibles d'une ressource limitée. L'importance chiffrée d'un coût d'opportunité correspond à la valeur d'une ressource dans le cas de son utilisation possible la plus productive. Dans notre cas, cela signifie que les montants investis correspondent à des montants théoriques socialement et économiquement justifiés, correspondant à leur meilleure utilisation possible. Investir plus pour une même cible (réduction en % du nombre d'accidents) ne serait pas efficace du point de vue de la théorie économique.

Représentons les données du tableau avec des graphiques.

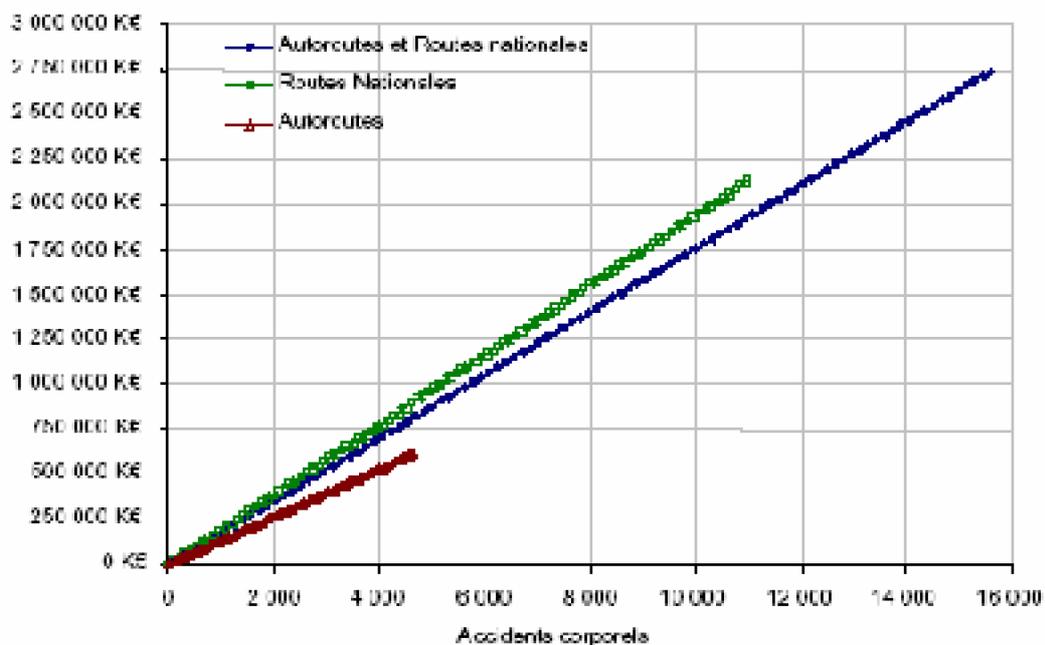


Figure 11. Investissement total sur le réseau en fonction des accidents corporels à éviter

Il est important pour une bonne compréhension de la démarche effectuée par ce travail d'expliquer la lecture des graphiques. La compréhension des graphiques se fait dans une perspective économique et non pas technique. Il faut raisonner de la manière suivante : si la collectivité investit Y euros dans l'infrastructure, il faut que la baisse du nombre d'accidents soit au moins équivalente à X unités. Si la baisse n'est pas à la hauteur du montant investi (en termes de réduction d'accidents), il y a une utilisation non efficace des ressources financières.

Faisons un effet zoom sur le graphique précédent pour voir les résultats plus en détail.

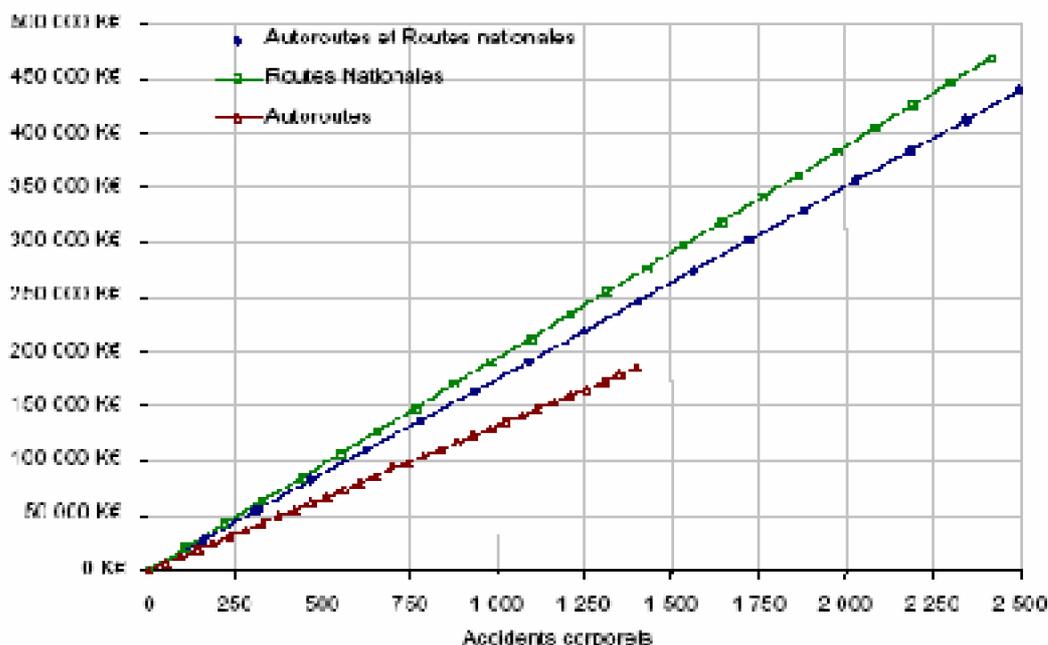


Figure 12. Effet zoom sur l'investissement total sur le réseau en fonction des accidents corporels à éviter

Prenons un exemple :

- En lecture verticale, si une mesure permettait de façon certaine de faire baisser le nombre d'accidents corporels de 1 000, la collectivité serait prête à investir plus de 132 M€ sur autoroute ou 202 M€ sur route nationale. Ces montants, ramenés aux kilomètres de voirie, correspondraient à investir 12 747 € par km d'autoroute ou 7 594 € par km de route nationale.
- En lecture horizontale, si la collectivité investissait 100 M€ sur l'infrastructure, il faudrait que la baisse soit au moins égale à 767 accidents sur autoroute ou 493 accidents sur route nationale. Des baisses supérieures à ces résultats correspondraient en quelque sorte à un surplus pour la collectivité.

Ces premiers résultats permettent de se faire une première idée des ordres de grandeur des montants que la collectivité serait prête à investir pour que le nombre d'accidents corporels (tués, blessés graves et légers) soit réduit. Mais, comme les investissements se

font progressivement, il est préférable de s'intéresser à l'investissement par km de réseau plutôt qu'à l'investissement total par réseau, les fonds alloués à la sécurité routière sont limités, les actions sont ciblées et donc fractionnées.

Le tableau suivant reprend les montants d'investissement pour des cibles allant jusqu'à 30 %, ce qui constitue un objectif réalisable en matière de baisse des accidents à court ou moyen terme. Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à voir les résultats observés ces quatre dernières années.

Si nous prenons comme réduction du nombre d'accidents corporels la cible de 30 %, elle correspond à une baisse de 1 395 accidents corporels sur autoroute pour un investissement total de 184,6 M€ et à une baisse de 3 287 accidents corporels sur routes nationales pour un investissement total de 638,4 M€. Compte tenu de la longueur de chaque type de réseau, une même cible n'engagera pas les mêmes montants d'investissement.

Tableau 13. Réduction du nombre d'accidents corporels à atteindre selon le montant investi sur l'infrastructure

Cible	Autoroute			Route nationale		
	Accidents à supprimer	Investissement par km	Investissement total	Accidents à supprimer	Investissement par km	Investissement total
1 %	47	593 €	6 155 715 €	110	799 €	21 282 583 €
5 %	233	2 964 €	30 778 574 €	548	3 997 €	106 412 913 €
10 %	465	5 929 €	61 557 148 €	1 096	7 993 €	212 825 827 €
15 %	698	8 893 €	92 335 722 €	1 644	11 990 €	319 238 740 €
20 %	930	11 857 €	123 114 296 €	2 192	15 987 €	425 651 654 €
25 %	1 163	14 822 €	153 892 871 €	2 740	19 984 €	532 064 567 €
30 %	1 395	17 786 €	184 671 445 €	3 287	23 980 €	638 477 480 €

Source : Auteur

Le graphique suivant nous donne cette fois les investissements par kilomètre de réseau en fonction des accidents corporels à éviter. Les résultats donnent une indication contre intuitive. Les autoroutes sont réputées, à juste titre, être beaucoup plus sûres que les routes nationales et départementales. Moins de 6 % des décès consécutifs à un accident de la route en 2004 pour 21,6 % du trafic. *A priori*, ce n'est pas sur les autoroutes que les gains les plus importants sont à attendre. C'est peu ou prou ce que pensaient les spécialistes de la sécurité routière lorsque le gouvernement a lancé en 2002 sa vigoureuse campagne de lutte contre les excès de vitesse. Il était alors facile de rappeler

que la plupart des accidents étaient liés à des excès de vitesse situés sur les routes nationales et départementales, notamment là où le trafic est faible. Pourtant, force est de constater qu'en concentrant l'attention (et la majeure partie des contrôles et radars) sur les autoroutes et les deux fois deux voies à fort trafic, les résultats sont au rendez-vous.

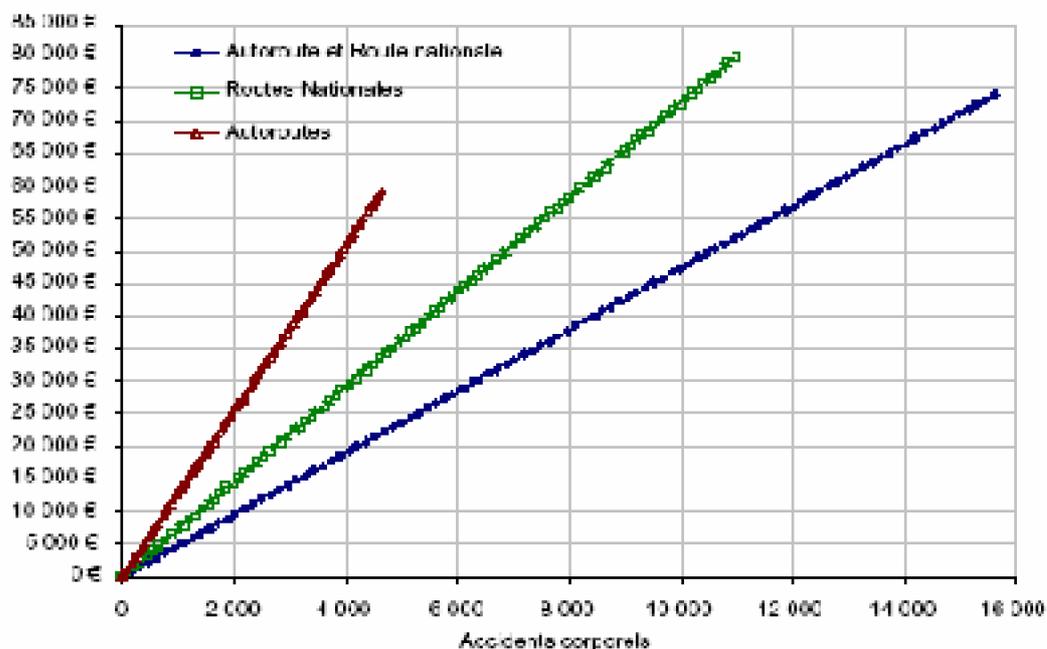


Figure 13. Investissements par km de réseau en fonction des accidents corporels à éviter

Tout s'est passé comme si le gouvernement avait réussi son pari en étant victime de la même illusion d'optique que celle créée par le graphique précédent. Si, celui-ci, fait apparaître les autoroutes comme le lieu le plus « rentable » en investissement de sécurité, c'est par construction. Comme le réseau autoroutier est beaucoup plus réduit que les autres réseaux, le croisement entre investissement par kilomètre de réseau et nombre total d'accidents à supprimer donne forcément une pente très forte à la droite concernant les autoroutes. C'est bien une illusion d'optique. Mais elle révèle une évidence. Parce que les finances publiques sont limitées et que les exigences médiatiques l'imposent, il est beaucoup plus facile de se focaliser sur les voies rapides et à fort trafic. Ce faisant, les résultats ont été bien supérieurs à ce que l'on pouvait raisonnablement attendre. Une sorte d'effet de percolation a eu lieu. La réduction des excès de vitesse sur les autoroutes s'est reportée dans les comportements sur les routes et il en a résulté un effet mécanique global sur l'insécurité. Preuve s'il en était que les préférences individuelles étaient, sans doute, prêtes à se ranger aux préférences tutélaires de plus en plus manifestes vis-à-vis de l'insécurité routière.

Cette démarche permet de montrer que le calcul économique, par le biais d'une analyse coûts-avantages, peut orienter les investissements de telle sorte que les fonds alloués le soit de manière efficace, mais dans aucun cas il ne dicte les décisions. Dans le même esprit, regardons maintenant comment le calcul économique peut aider la puissance publique à orienter des investissements en faveur de la sécurité routière sur les véhicules, dans des systèmes de sécurité embarqués à leur bord.

2. SIMSEC : un outil d'aide à la décision dans le domaine de la sécurité routière

L'outil SIMSEC est à l'origine une de notre contribution au programme de recherche ARCOS. Cet outil permet de donner des indications sur les coûts économiques que les solutions technologiques avancées dans le cadre du programme pourraient éviter. L'objectif étant de déterminer quelles sont les mesures les plus prometteuses ainsi que les montants qui pourraient être investis par la collectivité dans de telles mesures sous forme de crédits pour la recherche ou sous forme d'aide financière à l'achat des véhicules par exemple.

2.1. Le programme ARCOS

Le projet ARCOS ³¹, Action de Recherche pour une Conduite Sécurisée, est un programme de recherche qui concerne l'amélioration de la sécurité routière. Ce projet a été défini en 1999 par un groupe d'experts, à travers une réflexion sur les besoins en termes de dispositifs de sécurité actifs sur les véhicules routiers. Le projet de recherche ARCOS, selon une approche globale du système véhicule-infrastructure-conducteur, consiste à sécuriser la conduite automobile. Une soixantaine de partenaires français de structures différentes (PME, industriels, laboratoires académiques), acteurs à différents niveaux du système véhicule-infrastructure-route, se sont organisés pour atteindre un objectif : réduire de 30 % le nombre de tués par accident de la route.

Le projet a tenté de couvrir l'ensemble des problématiques liées aux nouveaux dispositifs, non seulement d'un point de vue technologique, mais également du point de vue des interactions avec le conducteur et de l'acceptabilité, qu'elle soit individuelle ou collective, sur les plans sociétal, juridique et économique.

Le programme de recherche est fondé sur le développement de quatre fonctions de prévention des accidents. Ces fonctions, au cœur des interactions véhicule-infrastructure et véhicule-véhicule, sont : gérer les distances entre véhicules, prévenir les collisions ou en atténuer les conséquences, prévenir les sorties de voie et alerter les véhicules en amont d'incidents ou accidents. Chaque fonction devrait au final déboucher sur la mise en place de systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules. Ces systèmes devraient à terme interagir avec l'infrastructure et les autres véhicules.

Notre contribution au projet concerne la partie de l'évaluation socio-économique des systèmes envisagés par les différentes fonctions d'ARCOS. Cette partie est essentielle au projet, puisqu'elle permet de savoir dans quelle mesure il est utile pour la collectivité d'investir dans tel ou tel type de dépense en fonction des retombées prévisibles en matière de sécurité routière.

³¹ Informations disponibles sur : <http://www.arcos2004.com/>

La méthode que nous avons proposée relève, d'un point de vue théorique, de la même démarche qu'un bilan socio-économique effectué par exemple lors du calcul de la rentabilité collective des projets routiers et autoroutiers.

Le coût des accidents constitue un des éléments importants des coûts socio-économiques des transports. Ces dommages doivent être cernés avec précision pour justifier l'adoption de mesures destinées à diminuer le nombre d'accidents de la route. L'évaluation socio-économique des mesures de sécurité routière vise à leur conférer toute l'efficacité économique possible, ce qui implique le choix de mesures prometteuses, la quantification de leurs effets, et enfin leur évaluation ; l'objectif étant d'utiliser les ressources publiques disponibles de façon à maximiser les bienfaits que peut en tirer la collectivité.

L'objectif du calcul économique est de comparer les coûts et les avantages d'un projet mis en œuvre. Si les avantages sont supérieurs aux coûts, alors le projet peut être réalisé. Par contre dans le cas contraire, le projet sera abandonné. ARCOS et ses applications représentent un grand investissement de la part de l'État, des constructeurs et des automobilistes. Et comme tout investissement, cela demande d'entreprendre une comparaison entre les coûts (investissement) et les avantages (gain de vies humaines) que l'investissement amènera, ne serait-ce que pour savoir si l'argent dépensé ici ne serait pas mieux dépensé ailleurs.

Les avantages du projet ARCOS dépendent de la capacité des systèmes de sécurité à faire baisser le nombre d'accidents corporels sur les routes (et par là même le nombre de blessés et de tués). Les avantages se comptent en terme de vies épargnées.

2.2. L'outil de Simulation économique de Sécurité routière : SIMSEC

L'objectif principal de l'outil est de donner des indications sur l'espace des choix publics en matière d'investissement en Recherche & Développement, sur l'infrastructure et/ou sur les véhicules en établissant une analyse coûts-avantages des diverses options du programme ARCOS. Celle-ci s'effectuera en plusieurs phases successives. Schématiquement la démarche revient à :

- estimer les coûts de mise en œuvre du programme et actualiser ces coûts sur la base de leur répartition dans le temps. Ces coûts sont, en partie pour des raisons de compétitivité entre les constructeurs et donc de confidentialité, non accessibles. Mais cela ne pose pas de problème pour la suite de l'analyse puisque à partir des coûts évités par les différentes mesures (fonctions), nous sommes en mesure de dire quel peut être le coût maximal de la mise en place de telle ou telle fonction pour que le bilan coûts-avantages soit au minimum nul.
- estimer les effets attendus, c'est-à-dire la diminution du nombre de victimes et de la gravité des accidents. Ici nous avons comme hypothèse de travail l'objectif fixé par le programme ARCOS qui est de voir baisser de 30 % le nombre de tués sur les routes. Cette hypothèse pouvant être, bien entendu, modifiée.
- déterminer la valeur monétaire des effets attendus et actualiser cette valeur sur la

base de sa répartition dans le temps. C'est ici que les valeurs de la vie humaine apparaissent. En les multipliant par le nombre de victimes évitées nous aurons le coût économique évité.

Certaines conditions doivent être remplies pour que ces opérations puissent se réaliser : notamment, il faut connaître l'ampleur des différents types d'effets (degré d'efficacité) ainsi que leur répartition dans le temps (taux d'équipement des véhicules).

2.2.1. L'architecture de l'outil SIMSEC

L'architecture de l'outil est assez simple. Il est construit autour de quatre modules. Chacun des modules est constitué d'hypothèses sur les évolutions possibles des différentes variables étudiées et de leurs valeurs (insécurité routière, valeurs de la vie humaine, taux d'actualisation et gains potentiels des fonctions ARCOS). Le croisement des valeurs et des résultats de tous les modules permet d'arriver à calculer et à borner le coût économique de l'insécurité routière à un horizon temporel choisi.

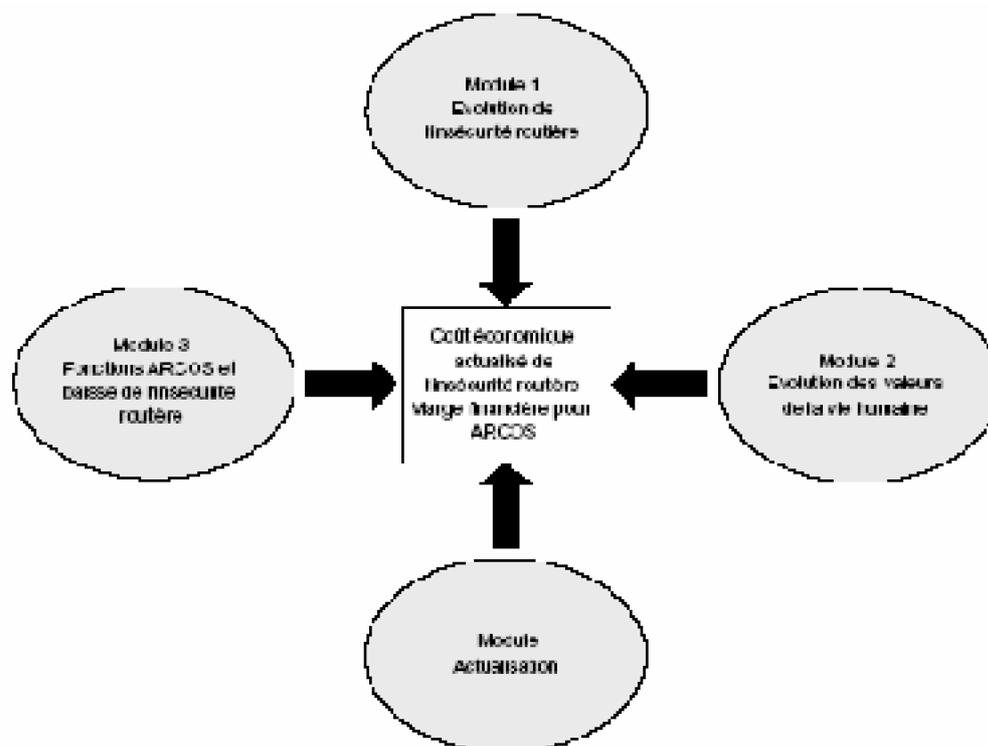
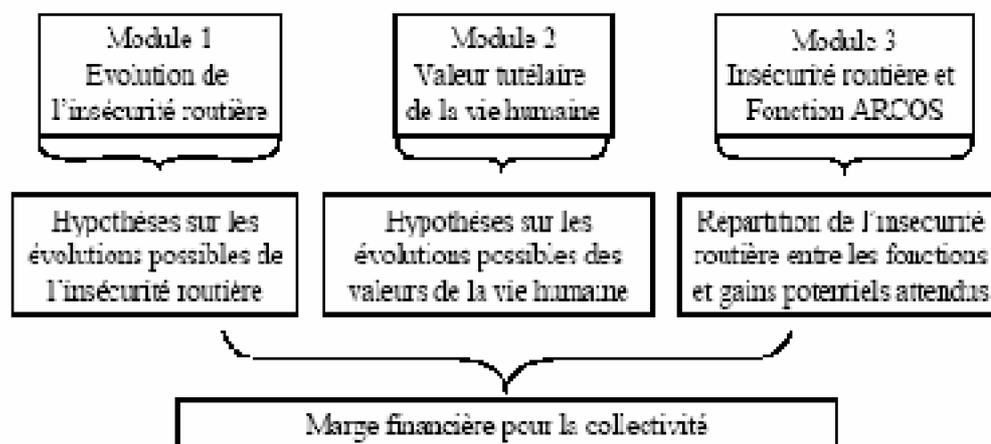


Figure 14. Architecture et modules de SIMSEC

En bornant les futurs coûts économiques évités possibles, l'outil permet d'avoir accès à un éventail sur les coûts économiques engendrés par les accidents de la route, éventail qui dépend des hypothèses hautes et basses qui sont faites, notamment sur l'évolution de l'insécurité routière. Cet éventail, que nous appelons marge financière, permettra d'indiquer le montant que la collectivité serait prête à investir dans des mesures de sécurité routière, le montant investi dépendant des potentiels de réduction de l'insécurité routière de chacune des fonctions.



Par exemple, si à l'horizon 2015, le coût économique actualisé de l'insécurité routière s'élève à 6 milliards d'euros, la collectivité ne sera pas prête à investir plus de 6 milliards d'euros dans des mesures de sécurité routière. Ce montant est le plafond d'investissement maximal que la collectivité est prête à consentir. Par ailleurs si le programme ARCOS permet de faire baisser de 30 % l'insécurité routière à cet horizon, la collectivité sera prête à investir 30 % des 6 milliards d'euros dans ces mesures.

L'outil SIMSEC est constitué de 4 modules interdépendants.

- Module 1 : Évolution de l'insécurité routière

Dans ce module, il s'agit de simuler et de projeter à un horizon donné l'évolution de l'insécurité routière. Pour ce faire le module prend en compte notamment les évolutions passées et les effets d'apprentissage qui font que l'insécurité routière tend à baisser. Il doit également prendre en compte les effets médiatiques ou autres événements de ce genre auxquels nous avons assistés en 2002-2004³² et qui accélèrent la baisse de l'insécurité routière (par rapport à la tendance). À partir d'une série d'hypothèses, le module permet de produire le niveau et les chiffres de l'insécurité routière pour l'horizon choisi. Ces résultats étant, bien entendu, à prendre avec la prudence propre à toute simulation.

- Module 2 : Évolution des valeurs de la vie humaine

Dans ce module, il s'agit de faire évoluer les valeurs de la vie humaine. Comme pour le module 1, l'outil se dote d'une série d'hypothèses sur les évolutions possibles des ces valeurs. L'évolution la plus probable étant celle retenue par le Commissariat Général du Plan, les valeurs évoluent alors comme la Consommation Finale des Ménages par tête.

- Module 3 : Fonctions ARCOS et baisse de l'insécurité routière

Dans ce module, il s'agit de se doter d'une série d'hypothèses sur les gains potentiels

³² Cf. Chapitre 1.

attendus par chacune des fonctions ARCOS. Chaque fonction a un potentiel de réduction de l'insécurité différent qui dépend du degré d'efficacité de la fonction et de son taux d'équipement sur les véhicules. L'outil permet à un horizon donné de pouvoir mesurer les gains de chaque fonction en terme de vies épargnées et donc le coût économique évité selon ces facteurs.

Module 4 : L'actualisation

Dans ce module, il s'agit d'actualiser toutes les valeurs monétaires prises en compte par l'outil. Le taux d'actualisation retenu sera celui utilisé par la puissance publique pour l'évaluation de projets. Toutefois, nous pouvons faire varier ce taux.

2.2.2. Module 1 : Évolution de l'insécurité routière

Regardons le premier module de l'outil en passant en revue les trois scénarios d'évolution de l'insécurité routière.

a) Méthodologie

Afin d'avoir une fourchette du niveau d'insécurité routière, nous sommes partis de deux hypothèses limites, l'une plafond, l'autre plancher. L'hypothèse plafond correspondrait au cas où l'évolution du niveau d'insécurité stagnerait (voire augmenterait légèrement) et où le retour à une asymptote du niveau d'insécurité serait envisageable. Inversement, l'hypothèse plancher correspondrait au cas où la tendance actuelle à la baisse continuerait de manière assez soutenue et régulière. Entre ces deux hypothèses, nous avons envisagé une hypothèse dite « au fil de l'eau », c'est-à-dire une hypothèse rendant compte de l'évolution moyenne observée de l'insécurité routière depuis que la tendance générale est à la baisse et qui correspond au Taux de Croissance Annuel Moyen (TVAM) depuis le pic de mortalité de 1972. Le fait de raisonner en taux de variation annuel moyen permet d'atténuer les fortes baisses ou fortes hausses qui présentent un caractère exceptionnel et ponctuel dans le temps et donc d'avoir à moyen et long terme un taux de croissance lissé.

b) Les différents scénarios d'évolution de l'insécurité routière

i) Le scénario de l'après tempête médiatique ou du retour à l'asymptote

L'idée de cette hypothèse est de rendre compte de ce qui s'est passé pendant la dernière décennie, c'est-à-dire à une époque où la baisse de l'insécurité routière (notamment pour le nombre de tués) butait sur une asymptote (environ 8 000 tués par an sur les routes). L'idée est de dire qu'après les bons résultats que la France a connus pendant ces dernières années, les mauvais comportements des conducteurs reprennent le dessus et que la puissance publique se désengage fortement. Nous assisterions alors de nouveau à une stagnation de la baisse de l'insécurité routière comme durant la période 1992-2002.

ii) Le scénario intermédiaire ou au fil de l'eau

L'idée de ce scénario intermédiaire est de rendre compte de la tendance générale à la baisse que nous observons depuis plus de trois décennies. Même s'il est indéniable que cette baisse de l'insécurité routière, caractérisée à la fois par la diminution du nombre de tués, mais aussi par celles des blessés graves et légers, est en partie due aux différentes mesures qui ont été mises en place par les gouvernements successifs, il ne faut pas négliger l'effet d'apprentissage des conducteurs au fil du temps. Cet effet d'apprentissage favorise la réduction des comportements dangereux sur la route et donc la baisse de l'insécurité routière. Le scénario intermédiaire dit 'au fil de l'eau' représente en quelque sorte cet effet d'apprentissage.

Le scénario intermédiaire correspond ainsi au taux de croissance annuel moyen observé depuis 1972, année du pic de la mortalité sur les routes françaises. Avec cette hypothèse, il faut raisonner au minimum à moyen terme mais non à court terme. En effet le raisonnement à court terme implique une grande marge d'erreur si nous projetons l'évolution de l'insécurité routière avec un TVAM observé sur les périodes précédentes (par exemple qui aurait pu prévoir la baisse de 20 % du nombre de tués sur les routes en France entre 2002 et 2003 ?).

iii) Le scénario du changement durable des comportements³³

L'idée de cette hypothèse est de prendre en compte les événements du type de celui que la France vient de connaître en matière de baisse de l'insécurité routière. L'hypothèse étant qu'après l'insistance médiatique à laquelle les Français ont assistée, les différentes mesures prises et devant la baisse effective de l'insécurité routière, les comportements ont évolué et continueront d'évoluer positivement, de telle manière que la baisse de l'insécurité routière se fasse de façon relativement importante et régulière dans le temps. De plus nous pouvons également émettre l'hypothèse qu'un effet de percolation viendra conforter ce changement de comportement (c'est-à-dire que le changement de comportement des conducteurs sur autoroute par exemple viendra se répercuter sur le comportement qu'ils peuvent avoir sur les autres réseaux). Cette hypothèse est valable uniquement s'il n'y a pas de désengagement de la part de l'État et que tout retour en arrière soit immédiatement suivi de mesures.

Au final, nous obtenons, à partir de ces trois hypothèses, différents taux de croissance qui nous permettent de disposer d'un éventail de possibilités sur le niveau d'insécurité routière à l'horizon temporel choisi.

2.2.3. Module 2 : Les valeurs de la vie humaine

Dans ce module, il est envisagé également d'avoir trois scénarios d'évolution.

a) Le scénario d'une baisse des valeurs tutélaires

L'idée avec cette hypothèse, même s'il est peu probable qu'elle se réalise, du moins à court et moyen terme, est de considérer que les valeurs tutélaires sont trop élevées et que

³³ Ce scénario est d'ailleurs celui qui se réalise actuellement.

la puissance publique décide de les baisser ou de les faire évoluer moins rapidement dans le temps, c'est-à-dire qu'elles évolueraient annuellement avec un taux de croissance de la CFM/t moins élevé ou nul.

b) Le scénario au fil de l'eau

L'idée ici est de considérer les valeurs de la vie humaine comme si nous les introduisions dans un bilan socio-économique pour la collectivité. Nous raisonnons donc en euro constant pour les calculs. L'évolution annuelle des valeurs de la vie humaine se fait selon l'hypothèse retenue par le groupe de travail du Commissariat Général du Plan, c'est-à-dire au taux d'accroissement de la Consommation Finale des Ménages par tête.

c) Le scénario d'un alignement sur les pays du Nord

L'idée là encore est d'entrevoir toutes les possibilités que nous pouvons rencontrer dans le temps. Cette fois-ci, il ne s'agit plus de dire que les valeurs sont trop élevées, mais qu'elles ne le sont pas assez (au regard par exemple des valeurs retenues au Royaume-Uni ou en Suède). Il s'agit ici de considérer un scénario dit scénario « Boiteux III », référence au rapport du Commissariat Général du Plan dit rapport « Boiteux II », lequel a plus que multiplié par deux les valeurs tutélaires en 2000. Toutes les valeurs tutélaires ou simplement l'une d'entre elles (comme celle des blessés légers ou graves par exemple) seraient alors augmentés à une date donnée.

2.2.4. Module 3 : Fonction ARCOS, insécurité routière et coût économique

Nous présentons ici les quatre fonctions du programme ARCOS, le type d'accidents concerné par chacune d'entre elles, ainsi que les coûts économiques qu'elles seraient susceptibles d'éviter à la collectivité.

a) Les différentes fonctions d'ARCOS

Le programme ARCOS s'est fixé comme objectif la réduction du nombre de victimes sur les routes à travers l'élaboration de systèmes de sécurité qui peuvent se classer selon le type d'accident visé à éviter. Ces accidents sont regroupés selon une classification dénommée fonctions. Il y a quatre fonctions ARCOS.

i) La fonction « Gérer les interdistances »

L'objectif de la fonction « Gérer les interdistances » est plus préventif que sécuritaire, il vise à éloigner les véhicules les uns des autres dans les situations à risque. La fonction générique "interdistance" surveille la distance qui sépare deux véhicules roulant l'un derrière l'autre en partageant une trajectoire commune. Le système assiste le conducteur dans le respect de cette distance de sorte que les conditions générales d'environnement et les capacités techniques des deux véhicules restent compatibles avec un freinage d'urgence du véhicule de tête n'engendrant aucune collision fronto-arrière.

Les principaux enjeux concernent les collisions fronto-arrières qui représentent 209 tués et 9 482 accidents corporels ainsi que les collisions en chaîne qui sont favorisées par

des distances réduites entre les véhicules, lesquelles sont responsables de 463 tués et de presque 5 718 accidents corporels en 2004.

Tableau 14. Accidentologie de la fonction « Gérer les interdistances »

	Nombre de tués	Nombre d'accidents corporels
Collision par l'arrière	209 (4,0 %)	9 482 (11,1 %)
Collision en chaîne	463 (8,8 %)	5 718 (6,7 %)

Source : (ONISR, 2004)

ii) La fonction « Prévenir les collisions »

Les principales actions du système doivent permettre :

- d'amener un conducteur à anticiper les actions nécessaires pour éviter une collision,
- d'accentuer (ou de limiter) les actions entreprises par le conducteur afin de gérer au mieux la situation,
- d'initier lui-même certaines actions lorsque manifestement le conducteur n'a pas pris conscience du danger de la situation (absence de réaction).

Les données accidentologiques en 2004 concernant cette fonction sont les suivantes :

Tableau 15. Accidentologie de la fonction « Prévenir les collisions »

	Nombre de tués	Nombre d'accidents corporels
Collisions Véhicule/Piéton	511 (9,8 %)	13 395 (15,7 %)
Collisions frontales (véhicule/véhicule)	1 163 (22,2 %)	9 818 (11,5 %)
Collisions par le côté (véhicule/véhicule)	750 (14,3 %)	25 060 (29,3 %)
Collisions par l'arrière (véhicule/véhicule)	209 (4,0 %)	9 482 (11,1 %)
Autres collisions (véhicule/véhicule)	126 (2,4 %)	4 579 (5,4 %)

Source : (ONISR, 2004)

iii) La fonction « Prévenir les sorties de route »

Les données de l'accidentologie font apparaître deux situations conduisant à des sorties de route, à savoir :

- les sorties de route en section rectiligne,
- les sorties de route en courbe.

Dans le cas des sorties de route en section rectiligne ou courbe facile, l'enjeu est de proposer une fonction permettant d'éviter ou de limiter les effets liés aux accidents consécutifs à une lente dérive de la trajectoire suivie par le véhicule. Dans le cas des sorties de route en courbe, l'enjeu est de proposer une fonction permettant d'éviter ou de limiter les sorties de route en courbe. Le nombre d'accidents corporels et de tués dans les accidents contre obstacles fixes en 2004, à un seul véhicule sans piéton, est la suivante :

Tableau 16. Accidentologie de la fonction « Prévenir les sorties de route »

	Nombre de tués	Nombre d'accidents corporels
Sorties de route ³⁴	1 731 (33,1 %)	12 250 (14,3 %)

Source : (ONISR, 2004)

iv) La fonction « Alerter les véhicules en amont d'un incident / accident »

L'objectif de la fonction « Alerter les véhicules en amont d'un incident / accident » est d'augmenter le niveau d'information des conducteurs à l'approche de situations ou zones dans lesquelles ils encourent le risque d'être impliqués dans un accident, afin qu'ils puissent éviter les dommages qui en résulteraient.

La fonction pourrait au sens strict du terme n'apporter d'amélioration significative que pour la prévention des sur-accidents. En se limitant aux accidents impliquant trois véhicules et plus (accidents en chaîne et multiples), le bilan de l'année 2004 publié par la sécurité routière donne les chiffres suivants comme périmètre d'impact de cette fonction :

Tableau 17. Accidentologie de la fonction « Alerter les véhicules en amont »

	Nombre de tués	Nombre d'accidents corporels
Collision en chaîne	463 (8,8 %)	5 718 (6,7 %)

Source : (ONISR, 2004)

b) L'Indicateur d'Accidentologie des Fonctions ARCOS en 2004

L'indicateur d'accidentologie des fonctions ARCOS que nous présentons ici permet de voir dans quelle fonction il y a une surmortalité par rapport à l'accidentologie moyenne observée. Cet indicateur permet en outre de donner des indications sur la fonction qui devrait faire l'objet d'un examen plus attentif de la part de la puissance publique.

À partir du niveau de gravité moyen national, nous pouvons comparer pour chacune des fonctions ARCOS et de leurs composantes, le nombre de tués observé et le nombre de tués calculé ou théorique, c'est-à-dire celui que nous aurions eu si le niveau de gravité avait été le niveau de gravité moyen national.

³⁴ Ensemble des obstacles fixes dont : glissières, arbres, murs, piles de pont, parapets, poteaux, fossés, talus, parois rocheuses.

Avec ces niveaux moyens de gravité, nous pouvons calculer l'Indicateur d'Accidentologie des Fonctions ARCOS, qui permet de se rendre compte de la surmortalité ou de la sous-mortalité qu'il peut y avoir au sein de chaque fonction. Nous présentons ici l'IAFA pour les tués.

Tableau 18. Niveaux moyens de gravité sur les routes en 2004

	Nombre	Gravité (Nombre de tués, blessés graves ou légers pour 100 accidents corporels)
Accidents corporels	85 390	-
Tués (à 6 jours)	5 232	6,1
Blessés graves	17 435	20,4
Blessés légers	91 292	106,9

Source : (ONISR, 2004)

Tableau 19. Indicateurs Accidentologiques des Fonctions ARCOS

Fonctions ARCOS 2004	Tué observé	Accident corporel	Tué "calculé"	Différence	IAFA
Prévenir les sorties de route	1 731	12 250	751	-980	2,31
Alerter les véhicules en amont	463	5 718	350	-113	1,32
Gérer les interdistances	672	15 200	931	259	0,72
Prévenir les collisions	2 759	62 334	3 819	1 060	0,72

Source : Auteur

Ce que nous remarquons, c'est que dans la fonction « Prévenir les sorties de route », il y a une surmortalité. Le nombre de tués observé (réel) y est beaucoup plus élevé qu'en théorie (calculé). L'IAFA est à 2,31 alors qu'il est à 0,72 pour la fonction « Prévenir les collisions ».

c) Le potentiel de gains des différentes fonctions

À partir des données accidentologiques et des valeurs de la vie humaine en vigueur à l'année 2004, nous pouvons calculer le coût économique pour la collectivité de chacune des fonctions d'ARCOS.

Ne disposant pas de données détaillées sur le nombre de blessés graves et légers pour les fonctions, nous les avons calculées de manière théorique en prenant comme base la gravité moyenne (blessé grave et léger) pour 100 accidents. Les résultats sont donc à prendre avec la prudence qu'il incombe à ce type de calcul, toutefois ils donnent une approximation du coût économique pour la collectivité pour chacune des fonctions.

Il faut raisonner par fonction et non pas en coût global, car il existe des doubles comptes. Certains types d'accidents peuvent être classés dans deux fonctions.

Tableau 20. Nombre de blessés graves et légers par fonction ARCOS

Fonctions ARCOS	Blessés graves calculés	Blessés légers calculés
Prévenir les sorties de route	2 501	13 097
Alerter les véhicules en amont	1 168	6 113
Gérer les interdistances	3 104	16 251
Prévenir les collisions	12 727	66 642

Source : Auteur

Tableau 21. Le potentiel de gains économiques des différentes fonctions en 2004

	Gérer les interdistances	Prévenir les collisions	Prévenir les sortie de route	Alerter les véhicules en amont
Coût (hors blessés calculés)	0,75 Mds €	3,09 Mds €	1,94 Mds €	0,52 Mds €
Coût (avec blessés calculés)	1,67 Mds €	6,87 Mds €	2,68 Mds €	0,87 Mds €

Source : Auteur

Les fonctions les plus accidentogènes ne sont pas forcément les fonctions qui coûtent le plus à la collectivité. Par exemple, la fonction « Prévenir les collisions » qui présente une sous-mortalité au sens de l'IAFA, est ici la fonction qui 'coûte' le plus à la collectivité, le nombre de tués entrant dans cette fonction est plus important que pour les autres fonctions.

Ces éléments chiffrés nous donnent déjà une première indication sur ce que la collectivité serait prête à investir dans des mesures de sécurité pour faire baisser le nombre de morts sur les routes françaises. Regardons plus précisément ce que cela impliquerait, en détaillant par fonction ARCOS, lorsque nous raisonnons à un horizon donné. L'outil SIMSEC va nous servir à faire ces analyses.

3. L'implication des coûts économiques de l'insécurité routière en termes d'investissements sur les véhicules

Quelle est l'implication du coût économique engendré par les accidents de la route sur les investissements de la collectivité ? Imaginons que la collectivité veuille investir dans des

systèmes ³⁵ de sécurité embarqués à bord des véhicules. Combien faudrait-il de vies épargnées pour que le bilan coûts-avantages pour la collectivité soit positif ? Combien la collectivité serait-elle prête à dépenser pour de telles mesures ? Le calcul économique permet de répondre à ces questions. D'un côté, l'ensemble de ces mesures a un coût, mais de l'autre côté, elles peuvent entraîner des baisses significatives du nombre d'accidents. Nous sommes devant un problème bien connu en économie qui est de réaliser un bilan coûts-avantages de ces investissements.

Nous nous intéresserons ici aux implications de ces investissements sur les véhicules en tenant compte du degré d'efficacité des systèmes embarqués à bord des véhicules ainsi que de leur généralisation au sein du parc automobile.

3.1. La classification des situations accidentelles

La classification des situations accidentelles qui a servi à répartir les accidents mortels selon les fonctions est issue des travaux du Laboratoire d'Accidentologie de Biomécanique et d'étude du comportement humain ³⁶. Cette classification est beaucoup plus précise que celle que nous avons présentée auparavant. Au final, les chercheurs ont distingué, à partir des BAAC (Bordereaux d'Analyse des Accidents Corporels de la Circulation), 19 classes génériques d'accidents et 165 sous-classes. Cette hiérarchie très fouillée fournit à la fois une approche synthétique des situations accidentelles et une approche plus analytique. Une fois la classification établie, l'équipe de recherche a affecté les fonctions ARCOS aux différentes situations accidentelles. Rappelons que les résultats ci-dessous concernent exclusivement les situations d'accidents mortels impliquant des voitures ou des utilitaires légers puisque les fonctions ARCOS leur sont destinées en priorité.

Tableau 22. Classification des accidents mortels par fonction ARCOS

Gravité	Sorties de route	Prévenir les collisions	Alerter en amont	Gérer les interdistances
Accidents mortels	61,0 %	40,0 %	9,0 %	1,0 %

Source : LAB – Thème 5 (ARCOS)

Le total dépasse les 100 % puisque certaines fonctions peuvent être pertinentes pour plusieurs types de situations accidentelles. Nous raisonnerons donc par fonction et non sur l'ensemble du programme.

Du fait du caractère statique ³⁷ de l'outil, cette classification est supposée constante dans le temps, les causes d'accidents mortels restant les mêmes et dans les mêmes

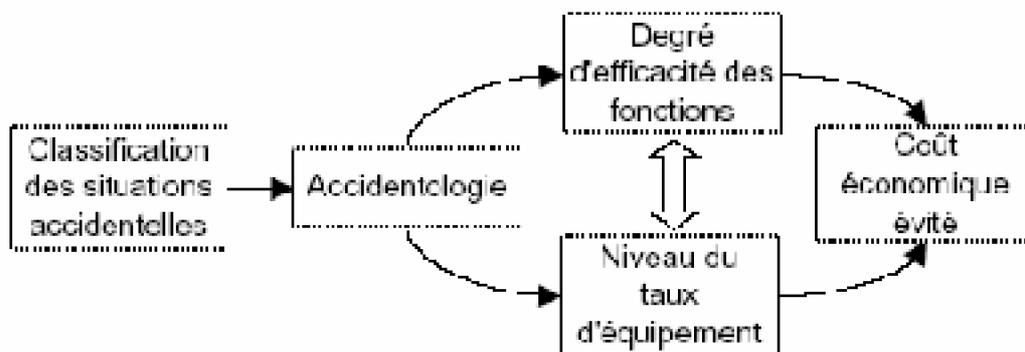
³⁵ Ou dans des programmes de recherche qui mèneraient à la mise en place des ces systèmes de sécurité.

³⁶ Pour plus d'informations sur ces travaux, se reporter aux rapports du thème 5 du programme ARCOS, Disponible sur : <http://www.arcos2004.com>.

proportions. Cela représente une hypothèse forte, mais nécessaire. Par ailleurs, les blessés graves et les blessés légers ne sont pas pris en considération dans les calculs en première approche. Ces deux catégories n'ont pas fait l'objet d'une classification. Les résultats sont donc sous-évalués puisque ceux-ci ne valorisent que les tués.

Toutefois, en deuxième approche, il est possible de prendre en compte les blessés. Pour ce faire nous sommes partis des ratios blessés graves/tués et blessés légers/tués pour reconstituer le nombre de blessés concernés par chaque fonction. Cela a l'avantage de pouvoir disposer des résultats fondés sur la gravité moyenne nationale. Par contre cette démarche fait disparaître totalement les cas dans lesquels une fonction 'produirait' plus ou moins de blessés que les autres.

3.2. Taux d'équipement, degré d'efficacité des fonctions ARCOS et enjeux accidentologiques



À partir de la classification des accidents mortels établie précédemment, nous disposons du niveau d'insécurité inhérent à chacune des fonctions. Nous sommes donc capables, à un horizon donné, de faire des hypothèses sur la croissance de l'insécurité routière, de dire quel sera le niveau accidentel d'une fonction en termes de tués et par conséquent d'évaluer le coût économique que la mise en place des dispositifs liés à cette fonction permettra d'éviter.

Partant du principe que 100 % des véhicules en circulation entraîne 100 % des tués (usagers des voitures particulières) sur les routes, nous faisons l'hypothèse que la relation entre taux d'équipement et données accidentologiques est linéaire. C'est-à-dire que si 100 % des véhicules sont équipés cela peut entraîner (sous réserve du degré d'efficacité des fonctions de 100 %) 100 % de réduction des tués et que si 0 % des véhicules est équipé, il y a 0 % de tués évités.

Le degré d'efficacité des fonctions agit de la même manière que le niveau de taux d'équipement des véhicules. Si, par exemple 100 % des véhicules sont équipés et que le degré d'efficacité du dispositif de sécurité est de 50 % cela reviendrait au même que

³⁷ L'outil est statique dans le sens où les résultats sont produits pour un horizon choisi à partir d'une année donnée selon les conditions accidentogènes de cette année.

d'avoir 50 % des véhicules équipés, mais avec une efficacité de 100 %. Dans les deux cas le nombre de tués serait divisé par deux.

Au final, nous avons donc le nombre de tués et de blessés potentiellement évités qui est égal à :

$$(T + BG + BL) * (\% \text{ Equipement}) * (\% \text{ Efficacité}) \text{ avec :}$$

avec :

T : la part des tués qui entre dans la catégorie de la fonction étudiée.

BG + BL : la part des blessés graves et légers calculés à l'aide des ratios moyens qui entrent dans la catégorie de la fonction étudiée.

Le graphique ci-dessous illustre la relation qu'il y a entre le taux d'équipement, le degré d'efficacité des dispositifs de sécurité et le nombre de tués et blessés potentiellement évités grâce à la mise en place d'une fonction.

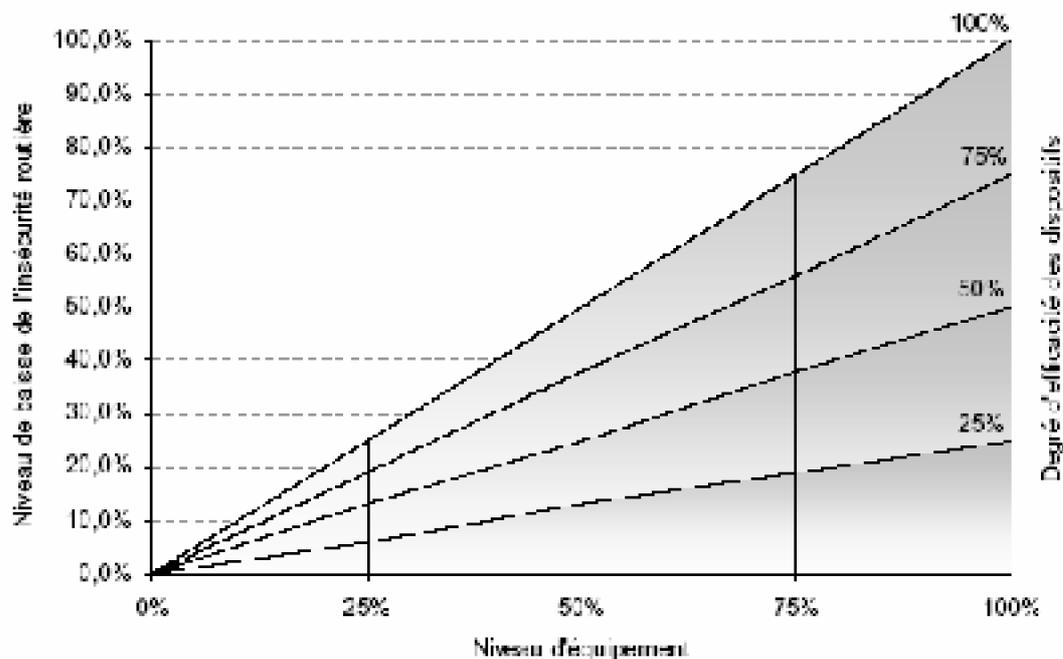


Figure 15. Relation taux d'équipement – degré d'efficacité et pourcentage de tués à éviter

Prenons un exemple. Si une mesure était mise en place sur les véhicules et que son taux d'équipement était de 50 %, avec un degré d'efficacité de 100 %, en théorie la baisse du niveau d'insécurité devrait être de 50 %.

3.3. Une analyse par le biais d'un exemple d'application

Pour illustrer nos propos et afin de présenter le potentiel de chacune des fonctions, nous présentons des résultats issus de l'outil pour l'horizon 2015. Nous nous intéressons uniquement aux cas des tués sur les routes, qui est la catégorie visée par le programme

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

ARCOS.

3.3.1. Les hypothèses prises en compte

Les hypothèses, que nous avons retenues, sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23. Hypothèses générales retenues pour l'exemple d'application

Année de référence	2004	Les résultats pour l'année 2005 n'étant pas encore connus au moment de l'élaboration de ce travail, nous prendrons comme année de référence 2004 pour laquelle les données accidentologiques sont entièrement disponibles ³⁸ .
Année d'actualisation	2004	L'année d'actualisation est la même que l'année de référence.
Horizon temporel	2015	2015 est un horizon temporel à moyen terme qui permet d'avoir une assez bonne précision dans les projections des différentes hypothèses.
Taux d'actualisation	4 %	Le taux d'actualisation a été baissé récemment, il est de 4 %.
Évolution des valeurs de la vie humaine	1,6 %	Les valeurs de la vie humaine évoluent comme la consommation finale des ménages par tête. 1,6 % correspond à l'hypothèse moyenne retenue par les services de l'État.
Pourcentage de tués voitures de tourisme	60 %	En 2004, le pourcentage de tués potentiellement concernés par l'introduction de systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules était de 60 %.
Taux d'équipement des véhicules	30 %	En 2015, nous faisons l'hypothèse que 30 % des voitures seront équipées de dispositifs de sécurité issus du programme ARCOS.
Degré d'efficacité des dispositifs de sécurité	100 %	Nous faisons l'hypothèse que ces dispositifs sont efficaces à 100 %.

Tableau 24. Hypothèses retenues des différents taux de croissance de l'insécurité routière

Taux de croissance	Hypothèse d'un changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Hypothèse d'un retour à « l'asymptote »
Tués	-6,00 %	-3,53 %	-1,00 %

Source : Auteurs

En dehors du taux de croissance « au fil de l'eau » qui est le taux de croissance

³⁸ Par ailleurs, le coefficient de passage entre les tués à 6 jours et à 30 jours a changé en 2005, de même que la comptabilité des blessés graves et légers.

annuel moyen constaté de 1972 à 2004, les deux autres taux présentés ici sont donnés à titre d'exemple. Ils sont toutefois représentatifs des évolutions ³⁹ (--/++) qui se sont produites en France durant ces 30 dernières années. Avec ces hypothèses, nous pouvons déterminer une fourchette de l'accidentologie à l'horizon choisi.

Tableau 25. Hypothèses sur les baisses de l'insécurité à l'horizon 2015

	Hypothèse d'un changement durable des comportements	Hypothèse au fil de l'eau	Hypothèse d'un retour à une asymptote
Baisse du nombre de tués en %	- 49,4 %	- 32,7 %	- 10,5 %
Nombre de tués (6j) à l'horizon donné	2 649	3 522	4 684
Nombre de tués (6j) concerné par les fonctions Arcos	1 589	2 113	2 810

Source : SIMSEC

Ainsi à la l'horizon 2015, en suivant la tendance observée depuis l'année 1972, le bilan d'insécurité routière concernant les tués (à six jours) serait de 3 522, parmi eux, 2 113 seraient des usagers de voitures de tourisme.

3.3.2. Le coût économique potentiellement évité par les fonctions

Regardons maintenant pour chaque fonction ARCOS le nombre de tués potentiellement concernés ainsi que le coût économique potentiellement évité pour la collectivité, actualisé en 2004, par l'introduction des systèmes de sécurité à bord des véhicules. Tous les chiffres que nous présentons sont à prendre avec précaution du fait des différentes hypothèses utilisées. Ils sont plutôt à considérer comme des informations sur les niveaux de coûts et niveaux d'insécurité plutôt que comme des indications précises.

a) La fonction « Gérer les interdistances »

Pour la fonction « Gérer les interdistances » à l'horizon 2015, compte tenu du niveau de l'insécurité routière attendu à cet horizon, le coût économique engendré par les accidents de la route entrant dans cette fonction serait vraisemblablement de 19 565 K€ avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 14 715 K€ à 26 022 K€.

Tableau 26. Les résultats de la fonction « Gérer les interdistances »

Gravité	Hypothèse d'un changement	Au fil de l'eau	Hypothèse d'un retour à
---------	---------------------------	-----------------	-------------------------

³⁹ Les taux de variation annuels moyens sont calculés au minimum sur 4 années consécutives.

	durable des comportements		« l'asymptote »
Tués évités à 30 jours concernés (Usagers VP)	17	23	30
Coût collectif actualisé à 4 %	14 715 K€	19 565 K€	26 022 K€
VP équipés à 30 %	4 414 K€	5 869 K€	7 806 K€

Source : Outil SIMSEC

Par ailleurs, si le système de sécurité était fiable à 100 % et s'il équipait 30 % des véhicules, il pourrait être financé à hauteur de 5 869 K€ par la collectivité avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 4 414 K€ à 7 806 K€.

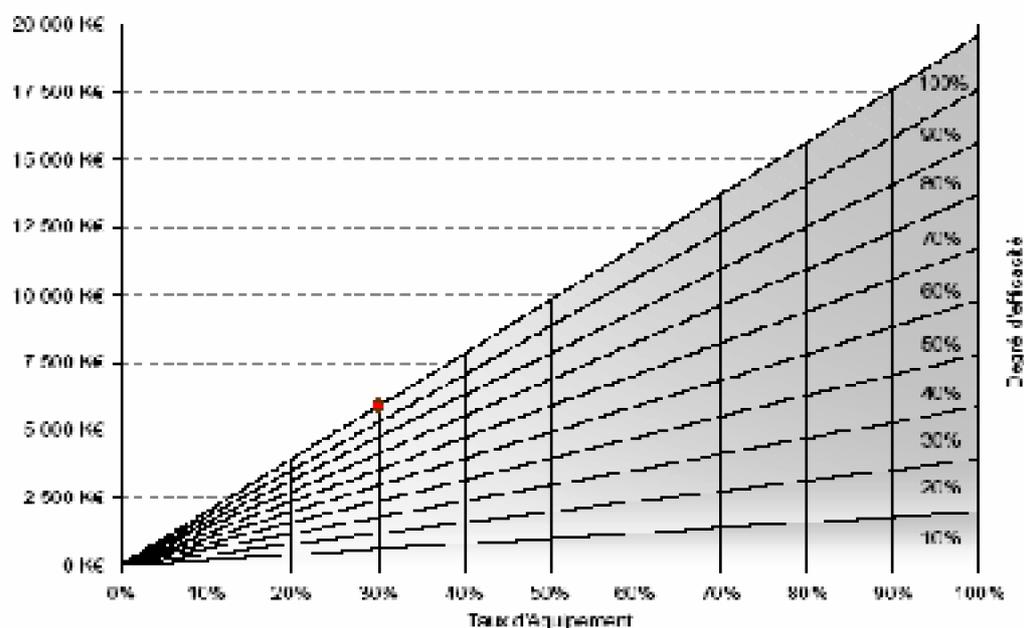


Figure 16. Relation entre le taux d'équipement et le degré d'efficacité pour la fonction « Gérer les interdistances »

b) La fonction « Prévenir les collisions »

Pour la fonction « Prévenir les collisions » à l'horizon 2015, compte tenu du niveau de l'insécurité routière attendu à cet horizon, le coût économique engendré par les accidents de la route entrant dans cette fonction serait vraisemblablement de 782 628 K€ avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 588 586 K€ à 1 040 919 K€.

Tableau 27. Les résultats de la fonction « Prévenir les collisions »

Gravité	Hypothèse d'un changement durable des	Au fil de l'eau	Hypothèse d'un retour à « l'asymptote »
---------	---------------------------------------	-----------------	---

	comportements		
Tués évités à 30 jours concernés (Usagers VP)	680	904	1 202
Coût collectif actualisé à 4 %	588 621 K€	782 628 K€	1 040 919 K€
VP équipés à 30 %	176 586 K€	234 788 K€	312 275 K€

Source : Outil SIMSEC

Par ailleurs, si le système de sécurité était fiable à 100 % et s'il équipait 30 % des véhicules, il pourrait être financé à hauteur de 234 788 K€ par la collectivité avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 176 586 K€ à 312 275 K€.

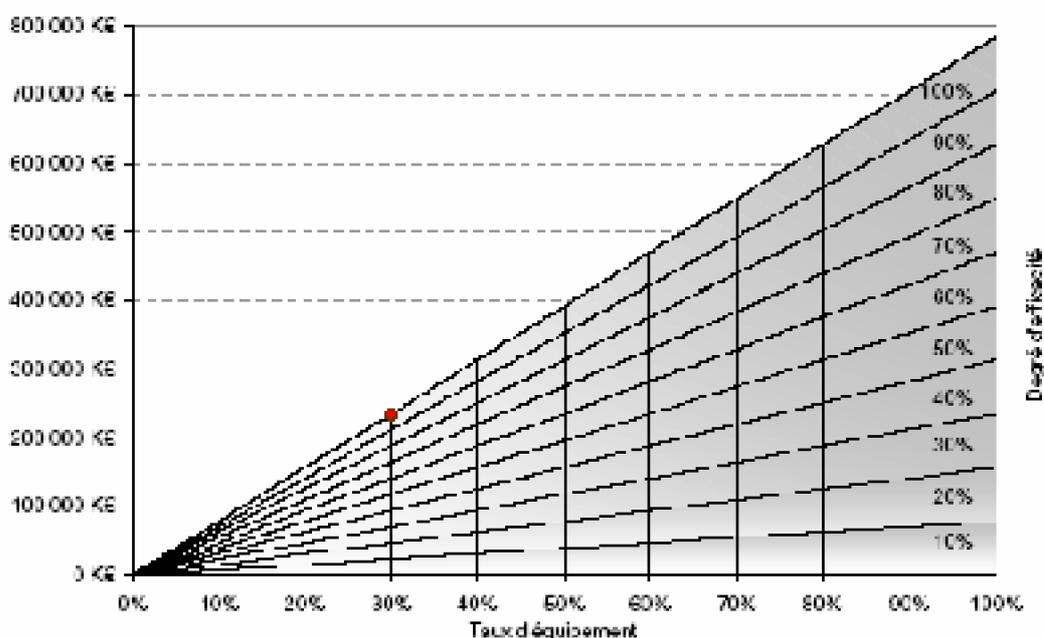


Figure 17. Relation entre le taux d'équipement et le degré d'efficacité pour la fonction « Prévenir les collisions »

c) La fonction « Prévenir les sorties de route »

Pour la fonction « Prévenir les collisions » à l'horizon 2015, compte tenu du niveau de l'insécurité routière attendu à cet horizon, le coût économique engendré par les accidents de la route entrant dans cette fonction serait vraisemblablement de 1 193 507 K€ avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 897 648 K€ à 1 587 402 K€.

Tableau 28. Les résultats de la fonction « Prévenir les sorties de route »

Gravité	Hypothèse d'un changement	Au fil de l'eau	Hypothèse d'un retour à
---------	---------------------------	-----------------	-------------------------

	durable des comportements		« l'asymptote »
Tués évités à 30 jours concernés (Usagers VP)	1 036	1 378	1 833
Coût collectif actualisé à 4 %	897 648 K€	1 193 507 K€	1 587 402 K€
VP équipés à 30 %	269 294 K€	358 052 K€	476 220 K€

Source : Outil SIMSEC

Par ailleurs, si le système de sécurité était fiable à 100 % et s'il équipait 30 % des véhicules, il pourrait être financé à hauteur de 358 052 K€ par la collectivité avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 269 294 K€ à 476 220 K€.

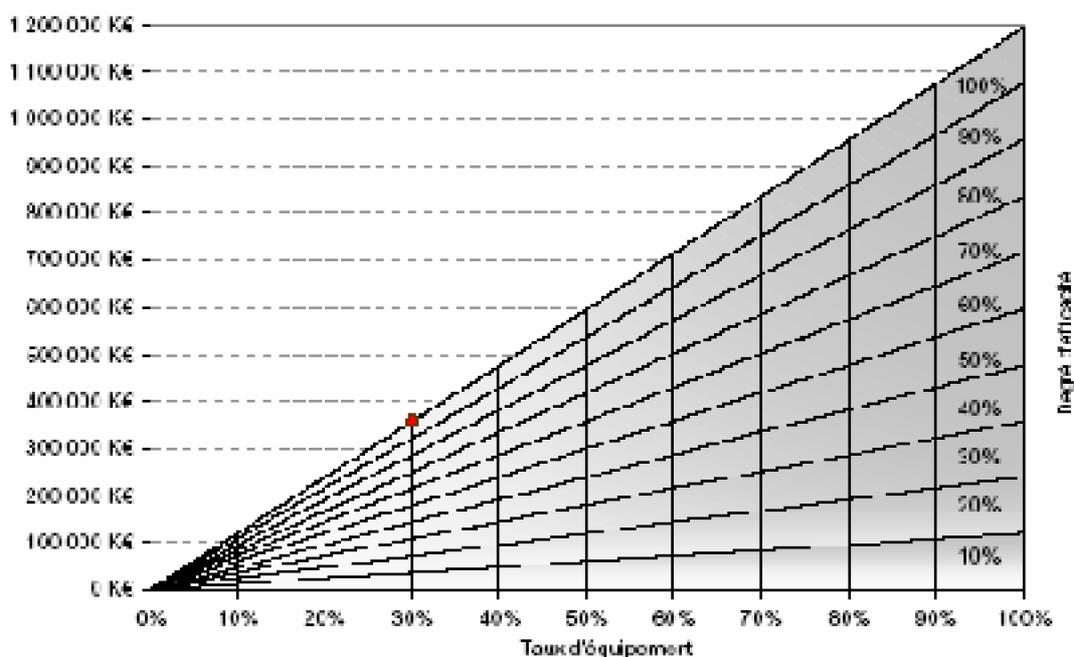


Figure 18. Relation entre le taux d'équipement et le degré d'efficacité pour la fonction « Prévenir les sorties de route »

d) La fonction « Alerter les véhicules en amont »

Pour la fonction « Prévenir les collisions » à l'horizon 2015, compte tenu du niveau de l'insécurité routière attendu à cet horizon, le coût économique engendré par les accidents de la route entrant dans cette fonction serait vraisemblablement de 176 091 K€ avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 132 439 K€ à 234 206 K€.

Tableau 29. Les résultats de la fonction « Alerter les véhicules en amont »

Gravité	Hypothèse d'un	Au fil de l'eau	Hypothèse d'un
---------	----------------	-----------------	----------------

	changement durable des comportements		retour à « l'asymptote »
Tués évités à 30 jours concernés (Usagers VP)	153	203	270
Coût collectif actualisé à 4 %	132 439 K€	176 091 K€	234 206 K€
VP équipés à 30 %	39 731 K€	52 827 K€	70 262 K€

Source : Outil SIMSEC

Par ailleurs, si le système de sécurité était fiable à 100 % et s'il équipait 30 % des véhicules, il pourrait être financé à hauteur de 52 827 K€ par la collectivité avec une marge financière pouvant, selon les hypothèses retenues, s'étaler de 39 731 K€ à 70 262 K€.

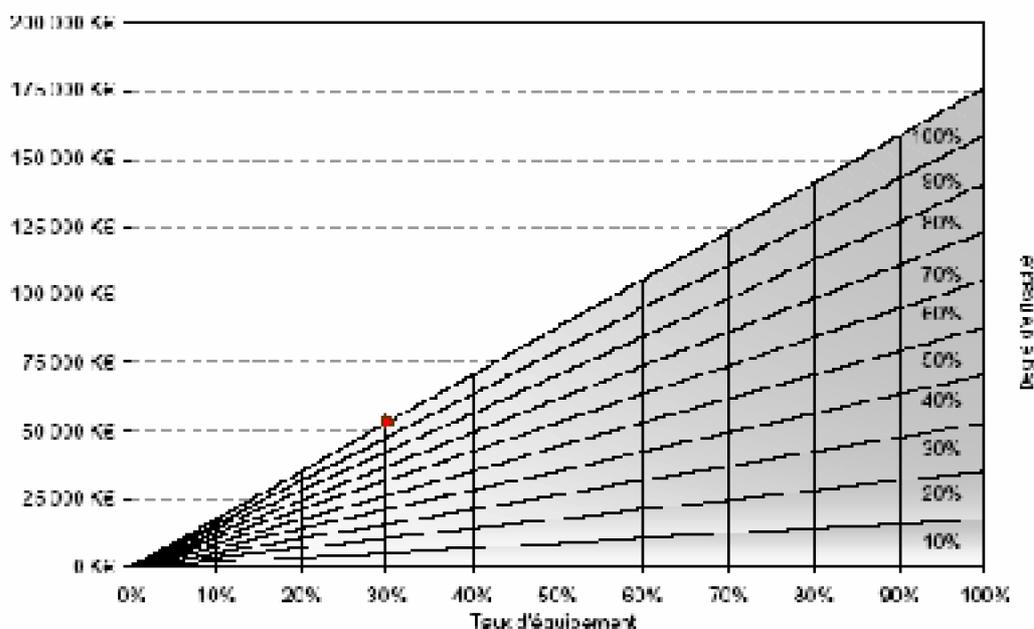


Figure 19. Relation entre le taux d'équipement et le degré d'efficacité pour la fonction « Alerter les véhicules en amont »

3.3.3 Bilan et perspectives

Différents leviers existent pour tendre vers une route plus sûre. ARCOS fait partie des solutions avancées en matière d'aide à la conduite et de sécurité active. Les systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules sont susceptibles de faire baisser le nombre d'accidents mortels. La collectivité est prête à investir des montants parfois très importants. L'exemple que nous avons développé est là pour le montrer. Le rôle du calcul économique est de permettre aux décideurs d'effectuer leurs choix en connaissance de cause.

La fonction « Prévenir les sorties de route » est sans aucun doute la plus prometteuse en termes de vies épargnées, mais c'est également la plus coûteuse à financer. Le calcul économique nous indique que collectivité serait tout de même prête à investir dans de telles mesures des montants très importants sous réserve que celles-ci soient efficaces pour que le bilan coûts-avantages de la collectivité soit positif.

Le niveau des coûts économiques engendrés par les accidents de la route justifie les actions et les fonds engagés dans le domaine de la sécurité routière. Le programme ARCOS est un projet de recherche parmi d'autres. Beaucoup d'autres projets sont en cours de développement. Sans être exhaustif, nous pouvons en citer quelques-uns :

- le projet SARI⁴⁰ (Surveillance Automatisée des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires) qui fait suite au projet ARCOS. Les travaux de SARI s'inscrivent dans le cadre de la sécurité des routes de « rase campagne ». Ce projet a pour ambition de contribuer à réduire significativement les accidents liés à des sorties de route ou des pertes de contrôle de véhicule, en informant mieux les conducteurs des difficultés de conduite auxquelles ils doivent faire face. En fournissant aux conducteurs des informations sur les difficultés qu'ils risquent de mal percevoir, SARI leur donne des possibilités supplémentaires d'anticipation.

- Le projet LAVIA⁴¹ (Limiteur s'Adaptant à la Vitesse Autorisée). La vitesse excessive est un facteur important d'accidents. La réduction du nombre de personnes tuées sur les routes, depuis le déploiement des radars de contrôle-sanction automatisé, en est la meilleure illustration. LAVIA un dispositif d'aide à la conduite qui peut fonctionner selon plusieurs modes. Le mode informatif informe le conducteur de la vitesse autorisée à l'endroit où il se trouve. Le mode actif ne permet pas au conducteur de dépasser la vitesse réglementaire en vigueur à l'endroit où il se trouve. Dans la pratique, au-delà de cette vitesse limite, la pédale d'accélérateur est sans effet car un dispositif électronique limite automatiquement l'injection de carburant. Toutefois le conducteur dispose d'un dispositif ("kick-down") qui autorise une neutralisation temporaire du système.

Nous avons présenté ces deux projets en particulier, car le premier est dans la continuité du programme ARCOS et le deuxième est caractéristique de la tendance actuelle qui est de réduire la vitesse sur les routes, tendance que nous analyserons dans le chapitre quatre et qui met en lumière d'autres aspects que celui de la sécurité routière. Mais il y a d'autres projets en cours et financés également par des fonds publics.

Cette participation financière de la puissance publique dénote qu'elle a bien compris où était son intérêt en finançant des recherches dans ce domaine puisque les résultats peuvent être prometteurs en termes de vie épargnés mais également en termes de coûts économiques évités. Le calcul économique lui sert à savoir où investir et dans quelle proportion pour que les fonds alloués le soient de manière la plus efficiente possible.

Mais si le calcul économique enseigne où investir dans un souci d'efficacité économique, cela ne signifie pas que ses résultats seront nécessairement suivis d'effets. Les contraintes budgétaires étant ce qu'elles sont, les crédits alloués en faveur de la sécurité routière sont limités. À titre d'exemple, les crédits consacrés par l'État, tous

⁴⁰ <http://www.sari.prd.it/> (consulté le 09 novembre 2006)

⁴¹ <http://heberge.icpc.fr/lavia/> (consulté le 09 novembre 2006).

ministères confondus, étaient en 2002 de 1 986 millions d'euro dont 17,5 millions d'euros⁴² étaient destinés au secteur de la recherche et aux développements de nouvelles technologies. Ce que les résultats issus du calcul économique peuvent nous apprendre, ce sont les actions à développer et/ou à privilégier compte tenu de l'enveloppe budgétaire attribuée.

Conclusion

Est-il souhaitable d'investir dans l'aménagement d'un carrefour sachant que cet aménagement permettra d'éviter un certain nombre d'accidents ? Vaut-il mieux investir dans la mise en place de mesures de sécurité sur les infrastructures et/ou sur les véhicules ? Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de disposer d'une valeur monétaire traduisant l'effort que la collectivité est prête à consacrer pour éviter un mort dans le secteur des transports. Les valeurs de la vie humaine sont nées de ce besoin de rationaliser les choix d'investissement.

Les méthodes d'évaluation de la vie humaine ont connu des modifications méthodologiques importantes. D'une évaluation purement marchande de l'individu, avec les méthodes fondées sur le capital humain, elles se sont progressivement tournées vers les méthodes fondées sur les préférences déclarées, qui ont pour intérêt d'englober l'ensemble des coûts engendrés par les accidents de la route et de donner des valeurs plus élevées. Le Commissariat Général du Plan (CGP, 2001) est à l'origine des dernières valeurs utilisées à ce jour. Ces valeurs, obtenues par tâtonnement, ont été déduites des comportements, des pratiques et des opinions des personnes interrogées. Elles ont été normalisées pour être utilisées dans les évaluations de projets, ainsi la dernière instruction les recommande dans les études de rentabilité (Ministère des Transport, 2005).

Avec ces valeurs, le calcul économique est susceptible d'apporter un éclairage sur l'utilité d'un investissement et donc sur l'intérêt de le réaliser ou pas. L'exemple que nous avons développé, à partir de l'outil SIMSEC, sur le cas des investissements dans des systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules est là pour l'illustrer. Les recherches engagées dans le domaine de la sécurité routière débouchent sur des solutions qui peuvent faire baisser sensiblement le nombre d'accidents sur les routes. Le calcul économique, par le biais d'une analyse coûts-avantages, fait ressortir l'utilité de ces mesures à travers l'évaluation des gains économiques qu'elles engendrent.

L'amélioration de la sécurité routière est une contrainte entièrement intégrée dans le raisonnement collectif, notamment lorsque la collectivité engage des crédits pour financer des programmes de recherche ou la construction d'infrastructures routières. Cette participation atteste de l'intérêt que la collectivité porte à ce sujet. Elle dénote surtout la

⁴² Cf. le dossier relatif à la politique de sécurité routière joint au compte des transports 2003. 41ème rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation, juin 2004. Disponible sur : <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/054000057/0001.pdf> (consulté le 09 novembre 2006).

prise de conscience de la collectivité sur les coûts économiques que de tels investissements lui éviteraient. Le calcul économique est alors un outil précieux qui permet à la collectivité de choisir les investissements les plus efficaces.

Si l'intérêt du calcul économique est démontrable, cela ne signifie pas pour autant qu'il est un instrument parfait. Les résultats peuvent être approximatifs du fait des hypothèses sur lesquelles reposent les calculs. Par ailleurs, à l'inverse de la sécurité routière, certains effets externes, comme l'effet de serre, ne sont pas véritablement considérés dans les évaluations des projets. Cette contrainte met véritablement le calcul économique à l'épreuve. De ce fait les résultats des évaluations de rentabilité socio-économique sont critiqués sur le faible poids que pèse cet effet dans la décision finale. La question sur le montant de la valeur de la tonne de carbone est une nouvelle fois posée.

Chapitre III. SIMECO, un outil d'évaluation socio-économique de projets d'infrastructure routière en rase campagne

« Tout ce qui est simple est faux, tout ce qui est complexe est inutilisable ». Paul Valéry

Introduction

Le choix des investissements routiers en rase campagne repose, depuis longtemps, sur le calcul de leur rentabilité. Les méthodes se sont développées et ont été expliquées et formalisées (Abraham, 1961) pour être insérées au fur et à mesure dans les instructions ministérielles. Les évaluations de projet permettent, par le biais des indicateurs de rentabilité socio-économique, de comparer des projets. Ces indicateurs résultent du cumul des flux actualisés annuels monétaires ou monétarisés sur la durée de vie du projet ou sur la durée de concession de l'infrastructure. Ces flux sont issus de la comparaison de la situation existant sans aménagement (appelée situation de référence) et après

aménagement. Les calculs de ces flux monétaires nécessaires pour mener à bien une évaluation s'appuient aujourd'hui sur une méthodologie normalisée par la Direction des Routes qui, par le biais des instructions, fournit l'ensemble des méthodes et valeurs à utiliser.

Le premier code méthodologique 'officiel' est apparu en France en 1970 avec la circulaire de la Direction des Routes et de la Circulation Routière. À cette époque, le calcul économique était utilisé pour traduire, selon des méthodes fondées sur la micro-économie, les avantages tirés de meilleures conditions d'écoulement du trafic. Les évaluations se limitaient à une analyse purement marchande. Il s'agissait de confronter les coûts de construction et de fonctionnement actualisés d'une infrastructure proposée, aux avantages, exprimés en équivalent monétaires actualisés, tirés des conditions d'écoulement des trafics prévus, et de calculer la rentabilité du projet. Les avantages concernaient les usagers (gain de temps, fonctionnement des véhicules) et la puissance publique (taxes, sécurité routière). Depuis, des mises à jours ont été réalisées et de nouveaux éléments ont été pris en compte dans la détermination des calculs de rentabilité.

Jusqu'à aujourd'hui les services centralisés et décentralisés de l'État utilisaient principalement un logiciel, nommé ARIANE, pour effectuer les évaluations. Ce logiciel, à partir de la situation de référence et des enquêtes de trafic, affectait les trafics prévus et les trafics induits pour chaque flux selon son origine et sa destination. Il permettait par la suite de calculer les indicateurs de rentabilité. Ce logiciel, qui avait été critiqué (Cour des comptes, 1992) pour son caractère compliqué et peu explicite dans les documents accessibles, avait fait depuis l'objet d'actualisations et d'améliorations.

Récemment, un nouveau logiciel de modélisation multimodale a été développé et devrait remplacer à terme ARIANE. Ce logiciel, TransCAD, est actuellement en cours d'expérimentation et de rodage dans les Centres d'Études Techniques de l'Équipement. Ce logiciel contient, entre autres, l'ensemble des avancées méthodologiques réalisées pour calculer les trafics et leur affectation et de nouvelles valeurs pour calculer le bilan socio-économique d'un projet.

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous avons voulu comprendre comment la rentabilité socio-économique d'un projet de transport était évaluée. C'est dans cette optique que nous avons construit un outil qui s'appuie pour partie sur les méthodes fournies par les instructions ministérielles et par leurs annexes techniques. L'outil est un patchwork des différentes informations que nous avons pu trouver et dont nous disposons notamment sur les méthodes employées dans le logiciel TransCAD.

Cet outil que nous avons baptisé SIMECO a pour objectif final de simuler des évaluations de projets d'infrastructures de transport fictifs. En partant d'un scénario de départ, appelé scénario de référence, nous imaginerons la mise en service d'une nouvelle infrastructure, et compte tenu des coûts (investissement, exploitation, entretien, etc.), des recettes (péage), des avantages (sécurité, pollution atmosphérique, effet de serre, gain de temps) ainsi que des valeurs tutélaires des effets externes, le projet sera validé ou non par un certain nombre d'indicateurs socio-économiques (Bénéfice actualisé pour la collectivité, Taux de Rendement Économique).

Ce chapitre présentera l'outil.

- Dans un premier temps nous présenterons le cadre théorique et l'architecture de l'outil.
- Dans second temps, nous expliquerons la construction et le fonctionnement de SIMECO ainsi que les hypothèses que nous avons retenues.
- Dans un troisième temps, nous détaillerons le bilan socio-économique qui est l'indicateur que nous prendrons comme référence pour effectuer nos analyses dans le dernier chapitre.

1. Les caractéristiques de l'outil SIMECO

Avant de voir plus précisément comment l'outil a été construit ainsi que les variables de calcul que nous avons utilisées, nous présentons ici les bases sur lesquelles nous l'avons établi ainsi que le cadre théorique dans lequel il s'inscrit.

1.1. Le cadre d'analyse de l'outil

Pour construire un outil, il a été nécessaire de partir de ce que nous appellerons un cadre d'analyse qui correspond à la mise en place d'un scénario de référence et à l'existence d'hypothèses restrictives le concernant. Ce cadre d'analyse est volontairement simplifié pour plusieurs raisons.

- La première tient à l'étendue et à la complexité des calculs, notamment des calculs de trafic, qui sont au cœur de l'évaluation. La mise en place d'une nouvelle infrastructure a des conséquences, parfois importantes, sur les coûts de circulation des usagers au-delà même de la zone géographique dans laquelle se situe le projet. Par exemple, le réseau concerné par des modifications dans le niveau de trafic du projet de l'A54 entre Arles et Salon de Provence concernait 202 routes (Cour des comptes, 1992). Dans le cadre de notre outil, sans aller jusqu'à cet extrême du nombre de routes concernées, le fait de considérer un réseau plus large aurait supposé l'existence de nouvelles hypothèses qui par ailleurs étaient déjà nombreuses et aurait alourdi la manipulation et le fonctionnement de l'outil.
- La deuxième raison tient à l'objectif visé à travers l'utilisation d'un tel outil. L'objectif n'est pas de créer un nouveau logiciel en remettant en cause les méthodes de calculs utilisées par les administrations, mais il est de souligner, entres autres, les enjeux du calcul économique. Pour poursuivre cet objectif, il ne nous est pas apparu nécessaire de complexifier davantage la construction de l'outil. Le cas simple que nous abordons nous permet, en première approche, d'atteindre notre objectif.

Pour ces raisons et pour que l'outil ne soit pas trop lourd à manipuler, il a donc fallu passer par une simplification du contexte d'analyse, ce qui, bien entendu, n'est pas sans

faire apparaître un certain nombre de limites. Limites que nous aborderons au fur et à mesure de la présentation de l'outil.

Nous partons donc d'un cas théorique très simple. L'hypothèse de départ est l'existence d'une route de type « route nationale », entre une ville A et une ville B. Le trafic augmentant, la collectivité étudie la possibilité de construire une nouvelle infrastructure de type « autoroute ».

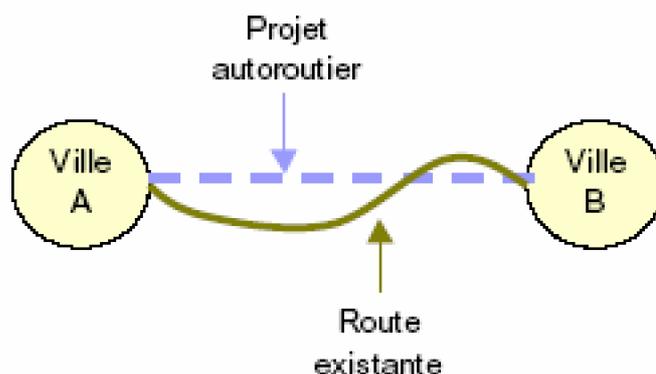


Figure 20. Représentation du cadre d'analyse de SIMECO

Les hypothèses simplificatrices concernant l'outil de simulation sont les suivantes :

- l'étude du cas théorique est fondée sur une analyse unimodale. Il n'existe pas d'autres modes de transports pour relier les deux villes. De ce fait le mode ferré n'est pas pris en compte. De même nous avons écarté l'existence de transport collectif et de véhicules utilitaires légers. Notre analyse se borne exclusivement au mode routier et exclusivement aux Voitures Particulières et Poids Lourds, notés par la suite VP et PL.
- les évaluations que nous réaliserons sont des évaluations en rase campagne. Nous faisons donc l'hypothèse qu'elles ne prennent en compte que les coûts et avantages entre les points d'entrée et de sortie de chaque ville. Au-delà de ces limites, nous rentrons dans le domaine de l'urbain et par conséquent les coûts et les gains présents ne rentrent pas dans les calculs ;
- comme nous l'avons expliqué auparavant, la matrice Origine – Destination est réduite, nous limitons l'étude de trafic aux trafics d'échanges entre les deux villes, il n'y a pas de trafic de transit ni de trafic local. Il y a donc que deux flux possibles $A \rightarrow B$ ou $B \rightarrow A$;

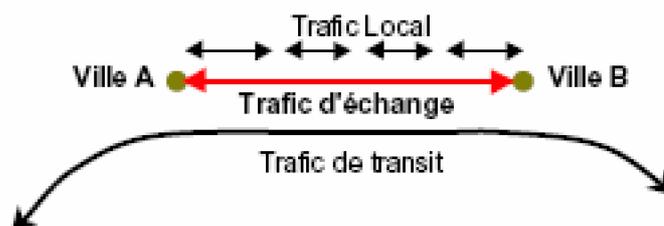


Figure 21. Représentation des différents types de trafic

le long des infrastructures nous faisons l'hypothèse qu'il n'y a pas de riverains, le volet « bruit » n'entre pas dans les calculs. Selon les recommandations de l'instruction-cadre de 2004 « *Dans les zones non habitées, les dommages causés par le bruit peuvent être négligés* ». Si nous avons considéré l'inexistence de population entre les deux villes c'est en grande partie parce que les calculs des nuisances sonores selon les recommandations du rapport Boiteux II auraient nécessité la mise en place de nombreuses hypothèses⁴³ (nombre de population, nombre de personnes par ménage, nombre de logements, répartition entre logements collectifs et logements individuels, répartition entre le trafic de jour et de nuit, etc.). Nous laissons donc de côté la prise en compte des nuisances sonores.

Par ailleurs, en rase campagne, dans le cas où une infrastructure passe le long d'habitations, des mesures antibruit sont mises en place (murs antibruit, revêtements, etc.). Les coûts de ces mesures sont internalisés dans les coûts de construction. Les riverains ne supportent donc pas, en théorie, de nuisances sonores. Il n'y a donc pas d'effets négatifs et donc pas de coûts. Au contraire, le report des trafics des itinéraires concurrents vers cette nouvelle infrastructure entraîne moins de nuisances sonores pour les riverains situés le long de ces itinéraires. *A priori*, la mise en service d'une nouvelle infrastructure entraîne donc une réduction du bruit et engendre un avantage pour la collectivité dans le bilan socio-économique. Le niveau de cet avantage est directement corrélé au niveau des trafics à l'année d'étude et à leur répartition.

1.2. L'architecture de l'outil

La mesure de la rentabilité d'un projet de transport nécessite un volume important d'informations. Les calculs reposent avant tout sur la construction d'un échancier détaillé des dépenses d'investissement, de l'évolution du trafic, des recettes de péages, des coûts d'exploitation et des effets non marchands monétarisables. L'outil a été construit sous Excel et est constitué d'un ensemble de feuilles de calcul dépendantes des valeurs des paramètres de départ et des hypothèses concernant le projet. En annexe, nous présentons la démarche pour faire fonctionner l'outil dans sa version simplifiée. L'outil est disponible sous le Cd-rom.

⁴³ La nouvelle instruction de la Direction des Routes à paraître en 2007 devrait formaliser de manière plus simple le calcul des nuisances sonores.

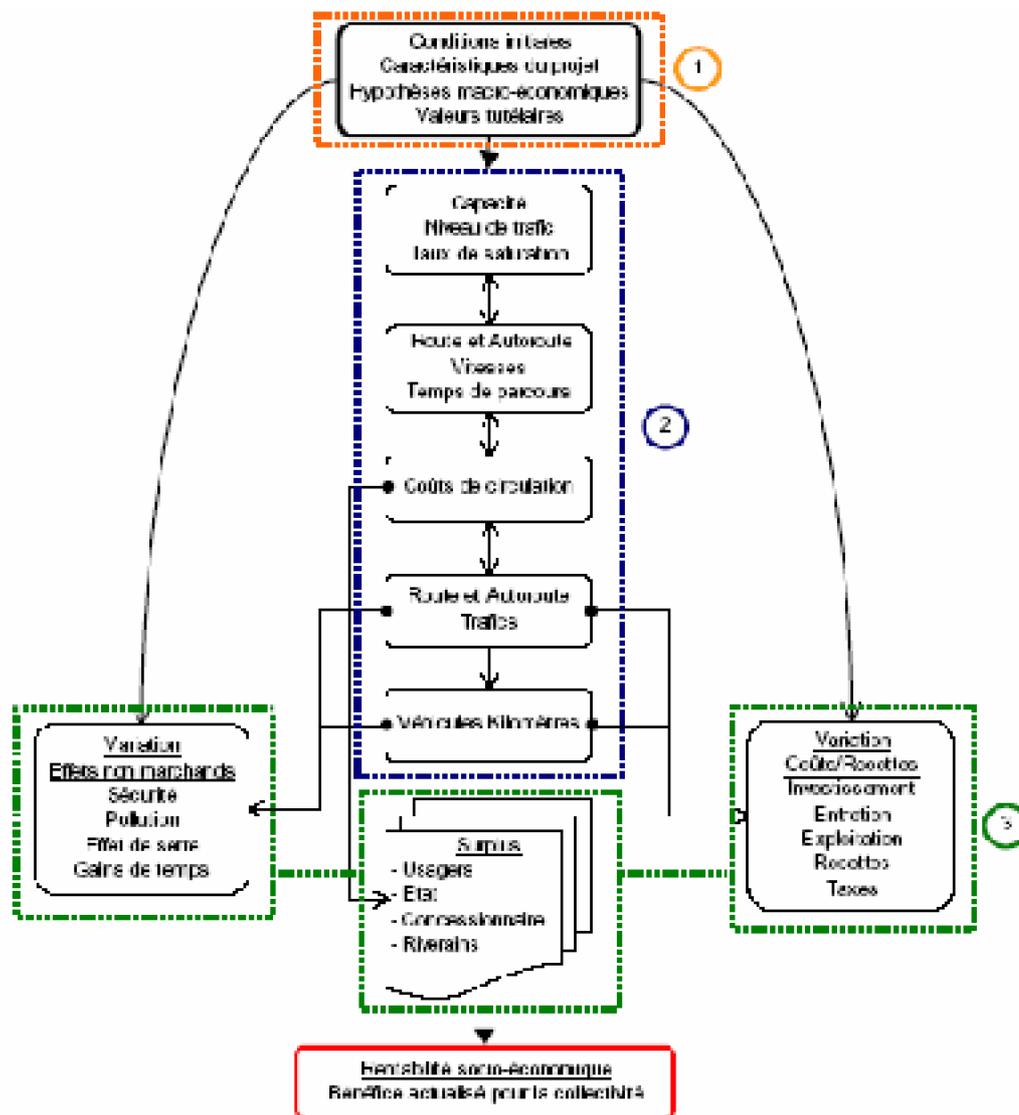


Figure 22. Représentation de l'architecture et des modules de SIMECO

Nous pouvons décomposer l'outil en différents modules :

Le premier module rassemble l'ensemble des hypothèses nécessaires à la conduite de l'évaluation. Il contient :

- les variables descriptives des conditions initiales qui serviront de base pour décrire l'évolution de la situation de référence : la longueur de l'itinéraire, le niveau de trafic existant à l'année d'étude, la répartition VP/PL, la répartition VP essence/diesel, la capacité de l'infrastructure, les vitesses réglementaires, les coûts de circulation, les taux accidentogènes observés sur ce type d'infrastructure et les investissements étudiés éventuels.
- les variables descriptives du projet de transport envisagé qui serviront à établir les différents coûts, mais aussi à préciser la variation de qualité du service de transport offert : la longueur de l'itinéraire, la capacité de l'infrastructure, les vitesses

réglementaires, le coût de construction, les dépenses d'exploitation et d'entretien, les tarifs de péage, les coûts de circulation et les taux accidentogènes observés sur ce type d'infrastructure.

- les variables financières du projet : le taux d'actualisation, l'année d'actualisation, l'année de mise en service, la durée de concession, la durée de vie de l'infrastructure et le taux de rentabilité interne financier escompté par le concessionnaire.
- les variables macro-économiques qui serviront à faire évoluer différents paramètres et qui servent à conduire les projections sur la durée de vie du projet : les taux de croissance du trafic, le taux de croissance de la consommation finale des ménages, le taux de croissance du produit intérieur brut et le taux d'inflation.
- les valeurs tutélaires des effets non marchands : les valeurs de la pollution atmosphérique, les valeurs du temps voyageurs et marchandises, les valeurs de la vie humaine et la valeur de la tonne de carbone.

Le deuxième module concerne la prévision de la demande et le calcul des trafics entre les itinéraires routier et autoroutier. Il se compose de deux éléments :

- le calcul des temps de parcours, à l'aide de courbes débit-vitesse, qui serviront en partie à déterminer les coûts de circulation sur les différents itinéraires. Les calculs s'effectuant sur la base des variables descriptives des conditions initiales et du scénario d'aménagement (qualité de service).
- le calcul de l'affectation du trafic entre les itinéraires à partir des coûts de circulation et qui s'effectue à l'aide de la loi de répartition du trafic fournie par la Direction des Routes, appelée loi d'Abraham.

Le calcul des trafics et la répartition sur les deux infrastructures constituent la base sur laquelle l'évaluation socio-économique est construite.

Le troisième module est celui de l'évaluation proprement dite. Il sert à quantifier les effets nets du projet, c'est-à-dire la variation relative des différentes variables entre la situation de référence et la situation avec projet. Il comprend :

- les effets directs du projet comme les coûts d'investissement, les investissements érudés, les coûts d'exploitation, le niveau de trafic et les recettes, qui serviront à mesurer la rentabilité économique du projet.
- la variation du surplus des agents concernés par la transformation d'état du système. Cette variation par rapport à la situation de référence servira à calculer la rentabilité socio-économique du projet, c'est-à-dire le niveau du surplus collectif.

Le fonctionnement de l'outil est assez simple. À partir des valeurs que nous rentrons dans le premier module nous déterminons le scénario de référence et le scénario d'aménagement. Ces scénarios seront utilisés dans le deuxième module et serviront de base aux calculs des temps de parcours sur chaque itinéraire. Ces temps de parcours permettront de déterminer des coûts de circulation, qui sont à la fois la clef de répartition des trafics entre la route et l'autoroute et à la base du niveau de trafic induit par

l'autoroute. Le calcul des véhicules kilomètres est issu directement des niveaux de trafic. À partir de cette répartition des trafics et de leur niveau, nous rentrons dans le troisième module qui calcule, outre les coûts et recettes du projet, les bilans des différents agents économiques. Ces bilans, nets de tout transfert, viennent s'ajouter aux coûts/gains des effets non marchands (sécurité routière, pollution atmosphérique et effet de serre) pour déterminer le bénéfice actualisé pour la collectivité, soit la rentabilité socio-économique du projet.

1.3. Le scénario de référence

Le scénario de référence comprend la situation de référence et l'année de référence.

- Concernant l'année de référence.

L'année de référence dans la réalité, c'est-à-dire hors cadre théorique de l'outil, est l'année la plus récente pour laquelle des données de trafic sont disponibles. L'année de référence est l'année à partir de laquelle les trafics sont prolongés en tendance. Cette projection constituera une des caractéristiques de la situation de référence. Pour la construction de l'outil, l'année de référence choisie, même si celle-ci peut être modifiée, est l'année 2000, qui correspond à l'année « étalon » des différentes valeurs tutélaires.

- Concernant la situation de référence.

L'instruction cadre du 25 mars 2004 définit « *la situation de référence comme la situation optimisée la plus probable en l'absence de projet à l'horizon considérée. Elle servira à la comparaison de tous les projets répondant aux mêmes objectifs dans le même espace géographique.* » La situation de référence peut se situer entre les deux extrêmes suivants :

- *soit la situation de référence consiste à laisser en l'état et à ne pas investir, ce qui signifie qu'aucun investissement de capacité n'est envisagé, soit pour des raisons budgétaires, soit parce que le niveau de trafic est trop faible.*
- *soit la situation de référence comporte des investissements d'ores et déjà prévus pour maintenir la qualité de service et qui, pour une part, pourraient ne plus être nécessaires ni réalisés si le projet est décidé.* Ces investissements correspondraient alors dans l'évaluation aux investissements éludés. Ils viendraient augmenter le bénéfice socio-économique.

Dans la mesure où elle conditionne les prévisions de trafics et les résultats économiques qui en découlent, la détermination et la précision de la situation de référence sont dans la pratique importantes.

Dans le cadre de l'outil la situation de référence, que nous nommerons scénario de référence, correspond simplement à l'état du trafic à notre année de référence sur le réseau routier, que nous prolongeons selon les taux de croissance de la demande de transport (voyageurs et marchandises). La prise en compte ou non des investissements éludés est aux choix des utilisateurs.

Les variables qui caractérisent le scénario (situation) de référence sont :

- le type de route : nous avons choisi de prendre une route de type Route Nationale de 7m (soit 2 x 3,5m). Le type de route conditionne le niveau des taux accidentogènes et également les paramètres des courbes débit-vitesse pour le calcul des temps de parcours.
- la longueur de l'itinéraire mesurée en km entre l'entrée/sortie de la ville A et de la ville B.
- le niveau de trafic dans les deux sens, mesuré en véhicules/jour. Il correspond au Trafic Moyen Journalier Annuel dans les deux sens de circulation à l'année de référence.
- la répartition entre VP et PL mesurée en % de PL par rapport au trafic total.
- la répartition entre VP essence et VP diesel mesurée en % de VP diesel par rapport au VP total.
- la capacité de l'infrastructure. Elle est mesurée en uvp (unité voiture particulière) et sert à déterminer le temps de parcours sur l'itinéraire. En ramenant le niveau de trafic à la capacité de l'infrastructure nous pourrions calculer le taux de saturation qui sert à déterminer le temps de parcours. La capacité est mesurée en uvp/heure par sens de circulation.
- le taux de saturation de la route, mesuré en pourcentage. Il correspond au taux au-delà duquel la collectivité décide d'augmenter l'offre de capacité de la route. Il peut s'apparenter à l'aversion de la collectivité à la gêne occasionnée par la densité de circulation.
- les vitesses réglementaires. Elles correspondent simplement aux vitesses maximales autorisées, mesurées en km/h, en vigueur à l'année de référence sur ce type d'infrastructure. Concernant les VP, la vitesse réglementaire est de 90 km/h, concernant les PL, la vitesse réglementaire est de 80 km/h.
- le montant des investissements érudés en €/km. Ils correspondent aux investissements de capacité qui seront éventuellement nécessaires en l'absence du scénario d'aménagement.

1.4. Le scénario d'aménagement

L'infrastructure mise en place sera une autoroute de type 2x2 voies. Pour simplifier, nous faisons l'hypothèse que l'infrastructure est construite dans un environnement de type « plaine » donc non vallonné ou montagneux. Cette simplification facilite le calcul de la consommation de carburant qui n'est pas alors liée au degré des pentes rencontrées sur le parcours et le calcul des coûts de construction qui ne dépendent pas de la forme du terrain.

Le scénario d'aménagement est caractérisé par :

- la longueur du tracé mesurée en km entre l'entrée/sortie de la ville A et de la ville B.

- la capacité de l'infrastructure mesurée en uvp/heure par sens de circulation.
- les vitesses réglementaires. Elles correspondent simplement aux vitesses maximales autorisées, mesurées en km/h, en vigueur à l'année de référence sur ce type d'infrastructure. Concernant les VP, la vitesse réglementaire est de 130 km/h, concernant les PL, la vitesse réglementaire est une moyenne des vitesses réglementaires en vigueur en fonction des type de PL. Nous avons pris 90 km/h.
- la durée de vie de l'infrastructure. Elle se mesure en nombre d'années et correspond au délai nécessaire pour que l'investissement soit complètement amorti, de telle manière que la valeur résiduelle soit, au-delà de cette durée, égale à zéro. Par convention la durée de vie de l'infrastructure est fixée à 50 ans. Au-delà la valeur résiduelle est égale à zéro.
- la durée de concession. Elle correspond aux nombres d'années durant lesquelles la société concessionnaire peut exploiter l'infrastructure et en retirer les recettes d'exploitation.
- le coût de construction. Le coût de construction se mesure en millions d'euro par km construit. Ce coût est un coût général qui englobe l'ensemble des coûts nécessaires à la réalisation de l'infrastructure (Cf. SETRA, 1993). Il comprend les études, les acquisitions foncières, les terrassements, la chaussée, les ouvrages d'art éventuels, les équipements de sécurité, l'assainissement, le dégagement d'emprises, les installations annexes et les plantations éventuelles.
- les délais de réalisation. Ils correspondent aux nombres d'années durant lesquelles des investissements sont réalisés. L'échelonnement des investissements est le suivant :

Tableau 30. Echelonnement des dépenses d'investissement

Type de travaux	N-4	N-3	N-2	N-1	N	N+1	N+2
Section courante	3 %	12 %	25 %	30 %	20 %	7 %	3 %

Source : (SETRA, 2000)

N correspond à l'année de mise en service de l'infrastructure. Dans la pratique, et principalement sur les chantiers les plus importants, des crédits sont déjà engagés avant l'année N-4, mais ceux-ci sont marginaux en volume et ne figurent pas ici. Les volumes importants de crédit sont mobilisés aux années N et N-1. Après la mise en service, les besoins en financement peuvent être encore supérieurs à 10 % du coût de la section.

1.5. Le taux de subvention

Dans le cas où l'opération est concédée, tout ou une partie du coût de la construction et de la charge d'exploitation sont pris en charge par le concessionnaire⁴⁴. Mis à part les cas où l'opération est très largement rentable, ce qui permet à la société concessionnaire d'avoir une forte Valeur Actualisée Nette positive et un Taux de Rentabilité Interne élevé (au moins supérieur au taux d'actualisation de référence), généralement, le projet fait

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

l'objet d'une subvention accordée par l'État pour que l'opération soit rentable pour le concessionnaire. Du point de vue du concessionnaire, la VAN est le meilleur critère pour choisir ou refuser un investissement.

Le taux de subvention s'obtient de manière à ce que le TRI du concessionnaire soit égal à son TRI escompté (c'est-à-dire le niveau de rentabilité financière attendu), cela revient à rechercher le niveau de subvention (la part d'investissement de l'État) qui égalise la VAN financière du concessionnaire à 0, puisque le TRI est le taux d'actualisation qui annule la VAN.

Nous supposons qu'il n'y a pas de valeur résiduelle concernant le concessionnaire et que le concessionnaire dispose suffisamment de fonds propres pour financer la part qui lui incombe, par conséquent le concessionnaire n'a pas de remboursements financiers (intérêts et capital). Les contraintes des modalités de financement sont très réduites : l'argent est disponible. La VAN financière simplifiée est donc égale à la différence entre le coût d'investissement et l'Excédent Brut d'Exploitation du concessionnaire, le tout actualisé à l'année précédant la mise en service.

Le calcul de rentabilité est réalisé en monnaie courante (hors TVA déductible) et en prenant les hypothèses sur l'inflation et les différents scénarios de référence et d'aménagement.

Pour calculer l'EBE, nous partons du bilan des recettes et des dépenses de l'opérateur du réseau concédé. Une section concédée génère des recettes de péages, le cas échéant complétées par les produits des sous-concessions, et supporte des charges liées à son exploitation et à son entretien :

- dépenses de personnel (agents de péage, agents d'exploitation...),
- impôts et taxes liés à l'exploitation (Taxe Professionnelle, TVA, Redevance Domaniale, Taxe d'Aménagement du Territoire),
- dépenses d'entretien des chaussées et des ouvrages dénommées « grosses réparations »,
- renouvellement des immobilisations,
- enfin les dépenses courantes dites « autres dépenses d'exploitation » qui englobent notamment l'entretien des aires, des plantations, des postes de péage, le service hivernal et les frais généraux de la concession.

La différence entre les recettes et les dépenses constitue l'Excédent Brut d'Exploitation⁴⁵ permettant le remboursement du capital et des charges financières des emprunts souscrits pour financer l'ouvrage, le paiement de l'impôt sur les sociétés, la rémunération des actionnaires lorsqu'ils ont contribué au financement.

⁴⁴ Un concessionnaire est une personne morale à qui l'État confie, à travers un contrat de concession, le financement, la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien d'une infrastructure publique pendant une durée déterminée. À l'échéance du contrat de concession, l'ouvrage est remis à l'État.

⁴⁵ Cette définition de l'EBE est donnée en annexe 16 de l'instruction de 1998.

Concernant les dépenses, les sociétés concessionnaires d'autoroutes récupèrent la TVA sur l'ensemble de leurs dépenses : construction, grosses réparations, renouvellement des immobilisations, investissement complémentaire sur autoroute en service, entretien et exploitation). Les dépenses des opérateurs du réseau concédé sont donc égales à :

$$\text{Dépenses} = IC + R + E + T$$

IC : somme actualisée des ICAS : Investissements Complémentaires sur Autoroute en Service(HT)

R : somme actualisée des dépenses de grosses réparations et renouvellement des immobilisations (HT)

E : somme actualisée des dépenses d'entretien et d'exploitation (HT)

T : somme actualisée de la taxe professionnelle et de la redevance domaniale.

Concernant les recettes, les variations de recettes des opérateurs du réseau concédé sont les variations de recettes de péage hors TVA et hors Taxes d'Aménagement du Territoire (TAT).

Nous pouvons donc simplifier l'équation :

$$VAN_{\text{financière}} = \frac{-\Delta I}{(1+a)^n} + \sum_{n=1}^T \frac{\Delta EBE}{(1+a)^n} \text{ avec :}$$

I : la part d'investissement qui revient au concessionnaire

EBE : l'excédent brut d'exploitation du concessionnaire

a : le taux de rendement interne escompté du concessionnaire

n : le nombre d'années d'exploitation

T : la durée de concession de l'autoroute au concessionnaire

Nous savons que la VAN du concessionnaire doit être égale à zéro, par conséquent nous avons :

$$\frac{\Delta I}{(1+a)^n} = \sum_{n=1}^T \frac{\Delta EBE}{(1+a)^n}$$

Nous connaissons par construction la somme des EBE sur la durée d'exploitation et nous connaissons le TRI escompté par le concessionnaire, qui est une donnée utilisateur. Nous pouvons donc en déduire la part d'investissement (taux de subvention) qui incombe à l'État pour que l'équation soit résolue sachant que Investissement total = Investissement

État + Investissement Concessionnaire.

2. Les variables de l'outil et la répartition du trafic

La construction de l'outil s'appuie sur les méthodes de calcul et les valeurs utilisées par la Direction des Routes. Certaines méthodes de calculs, comme notamment celle de la répartition du trafic entre les différentes infrastructures, sont anciennes et continuent à être utilisées aujourd'hui alors que d'autres, comme le calcul de la consommation de carburant, ont été remplacées par une nouvelle méthode. Enfin, certaines valeurs utilisées pour le calcul de la répartition du trafic comme les valeurs unitaires concernant les coûts de circulation ou pour le calcul des effets non marchands, font l'objet d'une actualisation régulière.

La construction de l'outil a nécessité de faire appel à trois instructions et à leurs annexes et également à un logiciel élaboré par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) pour ce qui concerne le calcul des consommations de carburant.

La construction de l'outil a débuté après la parution du second rapport du Commissariat Général du Plan (CGP, 2001). Suite à ce rapport, il a été décidé d'actualiser les deux instructions de référence, celle de 1995 relative aux grands projets de transports et celle de 1998 relative aux investissements routiers en rase campagne. C'est dans ce contexte que nous avons élaboré l'outil. Certaines informations nous sont donc parvenues au compte-gouttes. Nous les avons prises en compte autant que possible et dans la mesure des éléments portés à notre connaissance.

Les instructions utilisées sont :

- celle de 1998 (Ministère des Transports, 1998) relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne pour tout ce qui concerne la méthode de calcul des coûts de circulation et la loi générale d'affectation des trafics
- celle de 2004, mise à jour en 2005 (Ministère des Transports, 2004/2005) relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport pour ce qui concerne :
 - les valeurs tutélaires : temps, pollution atmosphérique, effet de serre, vie humaine
 - les variables macro-économiques : hypothèses d'évolution du produit intérieur brut, hypothèses d'évolution de la consommation finale des ménages par tête, taux d'actualisation
- celle qui est en projet et qui devrait paraître en 2007 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne. Cette instruction devrait remplacer celle de 1998 pour ce qui concerne, entre autres :

- les ratios d'insécurité routière selon le type de route,
- les valeurs unitaires des coûts de circulation (dépréciation, entretien, carburant, péage),
- les dépenses d'entretien et d'exploitation de l'autoroute,
- les composantes des bilans des agents économiques concernés,
- les composantes du bilan pour la collectivité.

Le logiciel utilisé pour calculer la consommation de carburant VP et PL est le logiciel IMPACT de l'ADEME (ADEME, 1998). Ce logiciel permet de connaître les consommations énergétiques ainsi que les émissions de polluants et de gaz à effet de serre liés à la circulation routière, selon la vitesse moyenne des véhicules.

2.1. Les différentes variables de calcul de l'outil SIMECO

Pour effectuer les évaluations, l'outil s'appuie sur différentes variables, certaines d'entre elles sont soumises à des hypothèses. Nous allons passer en revue ici l'ensemble des variables prises en compte.

2.1.1. Les variables macro-économiques

Les variables macro-économiques sont nécessaires pour faire évoluer certains paramètres. Nous en utilisons trois. Il y a celle liée à l'évolution de la richesse nationale (Produit Intérieur Brut), celle liée à l'évolution du revenu, de la consommation et de la population (Consommation Finale des Ménages par tête) et celle liée à l'évolution des prix à la consommation (le taux d'inflation).

a) Le taux de croissance du Produit Intérieur Brut

Les hypothèses d'évolution du PIB nous serviront notamment à faire évoluer la valeur du temps marchandises. Nous utilisons les mêmes que celles utilisées dans l'étude des projections de la demande de transports à l'horizon 2025 établie par la DAEI/SES en concertation avec les directions transport du Ministère (DAEI/SES, 2004).

Tableau 31. Hypothèses d'évolution du PIB/an sur la période 2002-2025

Hypothèse basse	Hypothèse moyenne	Hypothèse haute
1,5 %	1,9 %	2,3 %

Source : (DAEI/SES, 2004)

L'hypothèse moyenne donne un taux de croissance du PIB de 1,9 % par an.

b) Le taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête

Les hypothèses des taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête nous serviront à faire évoluer notamment les valeurs du temps voyageurs, les valeurs de la pollution atmosphérique et les valeurs de la vie humaine. Ces hypothèses de croissance sont les suivantes :

Tableau 32. Hypothèses d'évolution de la CFM/t/an sur la période 2002-2025

Hypothèse basse	Hypothèse moyenne	Hypothèse haute
1,2 %	1,6 %	2,0 %

Source : Instruction 2007 – annexe 8

L'hypothèse moyenne donne un taux de croissance de la CFM/t de 1,6 % par an.

Les valeurs des hypothèses de croissance du PIB et de la CFM/t sont celles établies au jour de la rédaction de ces lignes, elles peuvent faire encore l'objet de réajustements tant à la hausse qu'à la baisse. Toutefois, si cela devait être le cas, ces variations devraient être faibles. Après 2025, faute d'informations sur le sujet, nous supposons que les valeurs restent les mêmes.

c) Le taux d'inflation

Concernant l'hypothèse sur le taux d'inflation, nous sommes partis des données de l'INSEE sur les séries d'indices des prix à la consommation (hors tabac) depuis 1998.

Tableau 33. Évolution de l'indice des prix à la consommation

Année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Indice	100	101,3	102,9	104,3	106,7	109	111,3	112

Source : INSEE

L'hypothèse moyenne retenue pour le taux d'inflation est de 1,6 %/an. Cette valeur correspond au taux de croissance annuel moyen observé sur la période. Le taux d'inflation nous sert à calculer la VAN financière du concessionnaire, ce qui se fait en euros courants, afin de déterminer le taux de subvention de la collectivité.

2.1.2. Les taux de croissance du trafic de voyageurs et de marchandises

Les projections à 2025 (DAEI/SES, 2004) de la demande de transports de voyageurs et de marchandises sont fondées en grande partie sur des travaux de planification antérieurs. Elles intègrent une actualisation des projections d'un certain nombre de facteurs explicatifs de la demande de transports : croissance économique, politiques de régulation et mises en service d'infrastructures à long terme.

Les résultats s'articulent autour d'un scénario central. Les hypothèses de croissance économique, de prix du pétrole en dollars et de taux de change euro/dollar à l'horizon 2025 ont été décidées en concertation avec les partenaires administratifs du ministère (Direction de la Prévision, Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Commissariat

Général du Plan, Ministère de l'Écologie et de Développement Durable).

a) Le taux de croissance du trafic de voyageur

Tableau 34. Taux de croissance du trafic de voyageurs sur la période 2002-2025

Voyageurs	Croissance annuelle moyenne en %	
	1980-2002	2002-2025
Réseau routier national dont autoroutes concédées	3,5 6,2	1,8 2,8

Source : (DAEI/SES, 2004)

Les hypothèses du scénario central prévoient une croissance du trafic routier national de 1,8 %/an. Le trafic sur les autoroutes concédées devrait augmenter de 2,8 %/an. Ces taux de croissance sont sujets à des variations selon les hypothèses retenues de la croissance de l'économie.

Tableau 35. Hypothèses de croissance du trafic de voyageurs selon les prévisions de croissance économique

Voyageurs	Croissance annuelle moyenne en % 2002-2025		
	Croissance faible PIB + 1,5 %/an	Croissance moyenne PIB +1,9 %/an	Croissance forte PIB +2,3 %/an
Réseau routier national dont autoroutes concédées	1,4 2,2	1,8 2,8	2,3 3,5

Source : (DAEI/SES, 2004)

b) Le taux de croissance du trafic de marchandises

Entre 1980 et 2002, dans un contexte plutôt favorable, le transport routier de marchandises a connu une très forte croissance à un rythme moyen de +2,9 % par an. L'amélioration des infrastructures routières et autoroutières, la baisse du prix du carburant suite au contre-choc pétrolier et la libéralisation du secteur qui a amené une amélioration de la productivité ont permis au mode routier des gains de parts de marché dans tous les grands secteurs.

D'ici à 2025, des conditions moins favorables devraient expliquer une croissance ralentie des trafics routiers. La croissance économique devrait être moins porteuse même si le développement des biens de consommation doit continuer à assurer à la route une croissance plus soutenue que celle des autres modes. Les deux autres facteurs qui expliquent une moindre croissance de la route sont d'une part, l'augmentation de +0,36 % par an du prix routier alors que sur les vingt dernières années il baissait en moyenne de -0,6 % par an, et d'autre part l'allongement du réseau autoroutier qui devrait avoir un effet

moins important que par le passé.

Tableau 36. Taux de croissance du trafic de marchandises sur la période 2002-2025

Marchandises	Croissance annuelle moyenne en %	
	1980-2002	2002-2025
Transport routier	2,9	1,5

Source : (DAEI/SES, 2004)

Le taux de croissance du trafic de marchandises devrait être de 1,5 %/an. Ce taux est susceptible de varier selon les hypothèses retenues de la croissance de l'économie.

Tableau 37. Hypothèses de croissance du trafic de marchandises selon les prévisions de croissance économique

Marchandises	Croissance annuelle moyenne en % 2002-2025		
	Croissance faible PIB + 1,5 %/an	Croissance moyenne PIB +1,9 %/an	Croissance forte PIB +2,3 %/an
Transports routiers	1,2	1,5	2,2

Source : (DAEI/SES, 2004)

2.1.3. Les valeurs tutélaires des effets non marchands

L'évaluation socio-économique repose sur une démarche de monétarisation des principaux effets non marchands identifiés : temps, pollution, sécurité routière, effet de serre et bruit. Le bilan pour la collectivité dépend en partie de ces valeurs. Les valeurs considérées ici sont issues du rapport du Commissariat Général du Plan (CGP, 2001), qui ont été reprises dans l'instruction-cadre de 2004/2005.

a) Les valeurs du temps voyageurs et marchandises

i) La valeur du temps voyageurs

Les valeurs du temps tiennent déjà compte du taux d'occupation des véhicules. L'unité prise en compte est en heure par véhicule. Implicitement cela revient à considérer que le taux d'occupation des VP en interurbain est de l'ordre de 1,5 pour les distances inférieures à 50 kilomètres, de 1,9 pour les distances comprises entre 50 et 400 kilomètres et de 2,3 pour les distances supérieures à 400 kilomètres.

Tableau 38. Valeur du temps voyageurs en interurbain

Temps VP normalisé pour le calcul économique	Unité physique	Valeur unitaire en euros 2000
Distance $d < 20$ km	Heure/véhicule	9,88
Distance $20 < d < 50$ km		13,41
Distance $50 < d < 400$ km		$0,0304*d + 15,39$
Distance $d > 400$ km		34,36

Source : Instruction 2007 - Annexe 7 : Bilan des usagers de la route

Ces valeurs du temps évoluent d'une année sur l'autre en fonction de la dépense de consommation des ménages par tête, en monnaie constante, avec une élasticité de 0,7.

ii) La valeur du temps marchandises

Cette valeur est la réunion de deux valeurs du temps, l'une correspond au coût d'exploitation des transporteurs et l'autre à la valeur du temps des marchandises transportées.

La variation des coûts d'exploitation des transporteurs due aux gains ou pertes de temps (liés ou non à la variation de la distance parcourue) est estimée à 31,4 € (2000) par heure pour la route, cette valeur n'est pas indexée et doit donc rester la même en euros constants dans l'avenir.

Dans le cas général, pour le trafic routier, la valeur des marchandises transportées est égale à 0,45 €/tonne/heure. Implicitement la valeur tient compte d'une hypothèse d'un chargement moyen des PL en interurbain de 15 tonnes.

Tableau 39. Valeur du temps marchandises en interurbain

Temps PL normalisé pour le calcul économique	Unité physique	Valeur unitaire en euros 2000
Poids Lourds	Heure/véhicule	$31,4 + 6,75 (38,15)$

Source : Instruction 2007 - Annexe 7 : Bilan des usagers de la route

L'évolution de la valeur du temps marchandises est égale aux deux tiers de l'évolution du PIB en volume.

b) Les valeurs de la pollution atmosphérique

Par convention, il est admis que l'urbain dense s'entend au-delà d'une densité de 420 habitants/km², et la rase campagne en deçà de 37 habitants/km². L'urbain diffus couvre ce qui est intermédiaire entre ces deux seuils.

Tableau 40. Valeurs de la pollution atmosphérique

€ 2000 / 100 véh.km	Urbain dense	Urbain diffus	Rase campagne
VP	2,9	1,0	0,1
PL	28,2	9,9	0,6

Source : Instruction 2004/2005

Les valeurs peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs, l'une proportionnelle aux émissions polluantes, l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. La première devrait diminuer de 5,5 % par an sur la période 2000-2020 pour les véhicules légers, de 6,5 % par an pour les poids lourds, les bus et les cars. Quant à la valeur de la vie, elle augmente comme la dépense de consommation des ménages par tête. Au final, les valeurs baissent dans le temps, la première évolution étant supérieure à la deuxième.

c) La valeur de la tonne de carbone

La valeur de la tonne de carbone a fait l'objet de nombreuses études nationales et internationales. Contrairement aux valeurs de monétarisation des coûts externes qui relèvent d'une démarche coûts-avantages, la valeur retenue pour le carbone est fondée sur une relation coûts-efficacité : il s'agit du niveau de taxation du carbone contenu dans les émissions de gaz à effet de serre qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements de Kyoto.

L'instruction-cadre de 2004 nous indique que : « *Ce prix est néanmoins à utiliser dans le calcul économique en tant que coût monétarisé de toute tonne de carbone rejetée dans l'atmosphère* », et que « *les tonnages de carbone sont déterminés soit à partir des consommations directes de produits pétroliers par les véhicules de transport, soit à partir de leur consommation d'énergie électrique, dont la production peut nécessiter l'utilisation de produits carbonés dans des proportions qui restent à préciser.* » À ce titre elle donne la valeur suivante à utiliser dans les évaluations.

Tableau 41. Valeur de la tonne de carbone

Période 2000 – 2010	Après 2010
100 €/tonne de carbone, soit 6,6 centimes d'euro par litre d'essence et 7,3 centimes d'euro par litre de diesel	+ 3 %/an

Source : (Instruction 2004/2005)

Pour déterminer le coût lié à l'effet de serre, nous partons de la valeur de la tonne de carbone⁴⁶ que nous ramenons à une valeur par litre de carburant consommé avec les équivalents suivants : 1 litre d'essence = 654,23 grammes de carbone et 1 litre de diesel = 727,36 grammes de carbone.

d) Les valeurs de la vie humaine

Pour le transport individuel, les caractéristiques socio-économiques des usagers et la possibilité d'internaliser partiellement les risques conduisent à effectuer un abattement d'un tiers par rapport à la valeur de la vie humaine appliquée pour les transports collectifs.

⁴⁶ Pour information, un kg de CO₂ vaut 0,2727 kg d'équivalent carbone.

Les valeurs sont donc les suivantes :

Tableau 42. Valeurs de la vie humaine

Valeurs en Euro 2000	
Tué	1 000 000 €
Blessé grave	150 000 €
Blessé léger	22 000 €

Source : (Instruction 2004/2005)

Les valeurs de la vie humaine évoluent d'une année sur l'autre au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête.

2.2. Le calcul du trafic et de sa répartition sur les itinéraires

L'étude de trafic est un élément important de l'étude d'un projet d'aménagement routier, car :

- elle fournit les éléments permettant de faire le diagnostic de la situation actuelle et future ;
- elle contribue à la définition du ou des scénarios d'aménagement ;
- elle est une des bases de l'évaluation socio-économique des projets qui précise leur intérêt pour la collectivité.

Le niveau de trafic est donc au cœur d'une évaluation socio-économique d'un projet d'infrastructure de transport, puisque de son niveau dépend la rentabilité financière du concessionnaire et la rentabilité socio-économique.

L'étude de trafic comprend quatre phases :

- la situation initiale à l'année de référence : volume de trafic (appelé par la suite niveau de trafic existant à l'année d'étude) et la qualité de service (vitesse, capacité) ;
- l'étude du scénario (situation) de référence en l'absence du scénario d'aménagement, situation initiale projetée dans l'avenir ;
- l'étude du scénario d'aménagement, avec la répartition du trafic entre les itinéraires ;
- l'étude du trafic supplémentaire (induit) engendré par le projet.

Pour les quatre phases indiquées ci-dessus, les résultats à attendre concernent les points suivants :

- les niveaux de trafic : il s'agit généralement des niveaux moyens de l'année, c'est-à-dire le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA) ;
- la nature du trafic : il s'agit de l'analyse de la répartition du trafic entre les différentes catégories d'usagers (pour notre cas : voitures particulières essence ou diesel et poids lourds) ;

Concernant la nature des trafics, la répartition entre VP/PL et VP essence/diesel est faite une fois pour toutes l'année de référence. L'outil ne tient pas compte de l'évolution de la répartition entre VP essence et VP diesel au fil du temps.

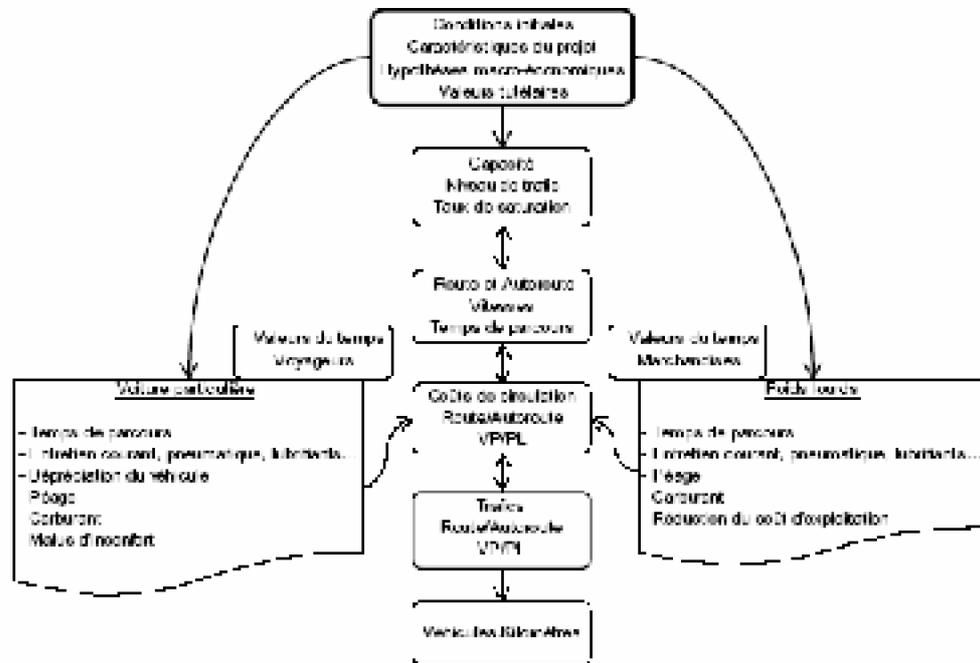


Figure 23. Représentation des étapes de calcul du niveau de trafic sur les deux itinéraires

Le schéma ci-dessus présente le fonctionnement de l'outil pour calculer le niveau de trafic sur les itinéraires. À partir des conditions initiales (niveau de trafic, vitesse réglementaire, capacité), nous déterminons les temps de parcours, à l'aide des fonctions débit-vitesse, à la fois sur la route et sur l'autoroute pour les deux catégories de véhicules que nous avons retenues. Ces temps de parcours viendront ensuite compléter les coûts de circulation qui détermineront la répartition entre les itinéraires.

Nous pouvons résumer les étapes :

- à partir des conditions initiales, nous projetons le niveau de trafic par catégorie de véhicule jusqu'à l'année de mise en service de l'infrastructure et jusqu'à l'année de fin de la concession, c'est le scénario de référence ;
- nous calculons les temps de parcours sur les deux itinéraires et pour chaque catégorie de véhicule, en situation de référence et en situation d'aménagement, à l'année de mise en service et chaque année pendant toute la durée de concession ;
- à partir de ces temps de parcours, nous calculons les coûts de circulation sur les deux itinéraires et pour chaque catégorie de véhicule, en situation de référence et en situation d'aménagement, à l'année de mise en service et chaque année pendant toute la durée de concession ;
- par rapport au trafic et aux coûts de circulation dans le scénario de référence, nous déterminons le trafic sur chaque itinéraire à l'année de mise en service et pendant toute la durée de concession en situation d'aménagement.

2.2.1. Les coûts de circulation : variables déterminantes du choix d'itinéraire pour les usagers

Les avantages annuels de l'aménagement pour les usagers s'évaluent en comparant deux situations : celle à l'année considérée dans le scénario de référence et celle en présence de l'aménagement. C'est la différence qui existe entre le coût de circulation sur l'infrastructure existante et le coût de circulation sur l'infrastructure nouvelle qui détermine le niveau de trafic (dont le trafic induit) et sa répartition sur les deux infrastructures.

Le déplacement d'un usager correspond pour celui-ci à une utilité, mais entraîne également un coût qu'il a à supporter et en fonction duquel il prend ses décisions. Ce coût est appelé coût de circulation de l'usager. Un aménagement routier est de nature à réduire ce coût de circulation pour l'usager, traduisant ainsi pour lui un supplément de satisfaction.

Les coûts de circulation se composent de différents éléments monétaires. Ils sont calculés à la fois pour les véhicules particuliers et pour les poids lourds, compte tenu du fait qu'ils ne prennent pas en compte les mêmes éléments. La différence entre les coûts de circulation des véhicules VP et PL est la disparition pour les PL de la valeur monétaire de la dépréciation du véhicule, qui est comptée dans la valeur du temps, et la disparition également des malus d'inconfort.

Le coût de circulation des voitures particulières	Le coût de circulation des poids lourds
$C = h.T - i.L + m + p$	$C = h.T - m + p$
h = Valeur du temps du véhicule VP T = Temps de parcours, i = Malus d'inconfort, L = Longueur du trajet, m = Dépenses monétaires de fonctionnement des véhicules : entretien courant, pneumatiques, lubrifiants, dépréciation, frais de carburant. p = Péage éventuel	h = Valeur du temps du véhicule PL dont coût d'exploitation. T = Temps de parcours, M = Dépenses monétaires de fonctionnement des véhicules (PL) : entretien courant, pneumatiques, lubrifiants, frais de carburant. p = Péage éventuel

Tableau 43. Les composantes des coûts de circulation VP et PL

Source : Instruction 1998 - Annexe 7

Les instructions donnent les valeurs unitaires, actualisées à chaque nouvelle instruction, à utiliser pour calculer les coûts de circulation. Certaines valeurs sont des valeurs par défaut à utiliser lorsque les données nécessaires ne sont pas disponibles.

Composantes	Unité physique	Valeurs unitaires en euro 2000
Entretien courant, pneumatiques, lubrifiants		
- VP	véhicule x kilomètre	0,07
. dont TVA		0,0115
- PL	véhicule x kilomètre	0,13
Dépréciation du véhicule		
- VP	véhicule x kilomètre	0,027
. dont TVA		0,0044
PL	compté dans la valeur du temps	
Péage : à définir au cas par cas, en l'absence d'informations spécifiques, le péage moyen, hors ouvrages particuliers et sans tenir compte des abonnements en 2000 était de :		
- VP	véhicule x kilomètre	0,066
. dont TVA		0,0108
- PL	véhicule x kilomètre	0,149
Carburant		
- VP	€/litre	1,00
. dont TIFP	€/litre	0,50
. dont TVA	€/litre	0,16
- PL	€/litre	0,71
. dont TIFP	€/litre	0,39

Tableau 44. Valeurs unitaires pour le calcul des coûts de circulation

Source : Instruction 2007 - Annexe 7

Composantes	Unité physique	Valeurs unitaires en euro 2000
Temps normalisé pour le calcul économique		
- VP		
Distance d < 20 km	heure/véhicule	9,88
Distance d 20 à 50 km	heure/véhicule	13,41
Distance d 50 à 400 km	heure/véhicule	0,0304 d + 15,39
Distance d > 400 km	heure/véhicule	34,36
- PL	heure/véhicule	38,15
Malus d'inconfort (VP uniquement)		
Distinction selon le type de route :		
- 7 m ordinaire	véhicule x kilomètre	0,054
- 7 m express	véhicule x kilomètre	0,032
- artère interurbaine	véhicule x kilomètre	0,023
- 2 x 2 voies express	véhicule x kilomètre	0,007
- autooute	véhicule x kilomètre	0

Tableau 45. Valeurs du temps et malus d'inconfort pour le calcul des coûts de circulation

Source : Instruction 2007 - Annexe 7

2.2.2. Les temps de parcours des véhicules

Les gains de temps réalisés grâce à la nouvelle infrastructure sont l'un des critères essentiels de rentabilité d'un investissement routier. Les projets de transport routier sont pour la plupart motivés par le gain de temps que le projet procure aux usagers de la route. Les calculs des temps de parcours des véhicules sont donc un élément important.

L'infrastructure routière est considérée comme un bien à qualité variable : le temps

nécessaire pour effectuer un parcours donné, et donc la vitesse moyenne des véhicules, dépend de l'importance du trafic. D'une façon générale, il est possible de déduire de l'observation des conditions de circulation sur une infrastructure routière de caractéristiques données, une relation entre un débit Q et une vitesse moyenne V (Cohen, 1990). Il s'agit ici d'une courbe purement technologique, caractérisant la capacité d'une infrastructure donnée à écouler le trafic.

La capacité en un point d'une route étant définie comme le nombre maximal de véhicules pouvant être écoulé en ce point, pendant un intervalle de temps de référence correspondant en général à l'heure et selon les caractéristiques d'infrastructure et de trafics existants. Ces caractéristiques d'infrastructure désignent les facteurs géométriques, comme, par exemple, le nombre de voies, la largeur des voies, la présence de bandes d'arrêt d'urgence ou la pente du profil en long. Les caractéristiques de circulation concernent la composition du trafic par catégories de véhicules (voitures particulières, poids lourds, motos), la nature des déplacements (domicile travail, migrations de loisirs) et les conditions d'exploitation.

L'utilisation des courbes débit-vitesse s'effectue en général sur des courbes reliant vitesse moyenne et trafic journalier moyen sur une année et obtenues par agrégation. Ces courbes s'écartent d'une notion purement technologique car elles intègrent implicitement une structure de répartition du trafic dans le temps. Leur utilisation pour prévoir les conditions de circulation à un horizon plus ou moins éloigné suppose par ailleurs que le trafic croît homothétiquement, c'est-à-dire à répartition dans le temps constante. Le modèle débit-vitesse, le plus classique, permet cependant une représentation satisfaisante du fonctionnement technologique d'une infrastructure routière. Dès lors, ce modèle est apte à prendre en compte un ajustement entre offre (capacité de l'infrastructure) et demande (quantité de véhicules) s'effectuant par l'intermédiaire d'une qualité de service variable (augmentation du temps de parcours avec le trafic).

Afin de déterminer ces temps de parcours, nous avons fait le choix ⁴⁷ d'utiliser des courbes débit – temps de parcours de type BPR (d'après le Bureau of Public Roads américain). Ce choix s'explique pour plusieurs raisons :

- la première tient au fait que ces temps de parcours sont, dans la pratique, calculés par le logiciel ARIANE de la Direction des Routes. Les mécanismes de calcul nous sont inconnus. Il ne nous est donc pas possible de nous appuyer sur cette méthodologie dans le cadre de la construction de l'outil. Par ailleurs des résultats de calculs étaient présentés, sous forme de tableaux ⁴⁸, et recomposables par interpolation linéaire dans l'instruction de 1980/1982, mais dans les instructions qui ont suivi, ces résultats n'étaient plus disponibles. Or sachant que le débit maximum d'une infrastructure est sujet à de grandes variations (Cohen, 1995) entre deux périodes de temps, il nous a paru plus opportun de nous appuyer sur une étude empirique pour traiter les calculs.
- la deuxième raison a justement été l'existence d'un rapport technique qui rénovait les

⁴⁷ C'est aussi le choix retenu pour les calculs des temps de parcours dans le nouveau logiciel d'évaluation TransCAD.

relations entre temps de parcours et débit en s'appuyant sur des études empiriques de trafic réalisées sur différentes autoroutes. Ce rapport a la qualité d'être explicite et simple d'interprétation, même pour les profanes de l'ingénierie du trafic routier, et donc d'être applicable à l'outil par le biais des résultats qu'il présentait.

Nous nous sommes donc appuyés sur un rapport technique du SETRA (SETRA, 2001) sur les fonctions temps-débit sur les autoroutes interurbaines pour calculer nos temps de parcours. Les données concernant les autres types d'infrastructures nous ont été également transmises par le SETRA.

Le temps de parcours est calculé à la fois pour les VP et pour les PL. L'un et l'autre tiennent compte de l'importance de chacun des types de véhicules dans le trafic total. Dans le détail, la fonction permettant de calculer les temps de parcours est la suivante, elle est ici établie pour les VP :

$$t_V(x_V, x_C) = L m_V \left[1 + \gamma_V \left(\frac{x_V + \alpha x_C}{k} \right)^{\alpha_V} \right] \text{ avec :}$$

t_V : temps de parcours VP

L : longueur de la relation considérée

x_V, x_C : débit horaire des VL, des PL

$x_V + x_C$: débit horaire total en uvp

m_V : temps de parcours moyen kilométrique des VP, à vide

γ_V : proportion d'augmentation du temps à la saturation. Par exemple si $\alpha = 0,15$ cela signifie que le temps de parcours est supérieur de 15 % à celui dit « à vide »

α_V : sensibilité du temps de parcours au débit relatif $(x_V + \alpha x_C)/k$ à l'approche de la saturation

⁴⁸ Estimation du temps de parcours des véhicules de l'instruction sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers de rase campagne de 1980. Le temps de parcours d'un véhicule dans des conditions de circulation données est obtenu par interpolation linéaire des résultats dans les tableaux figurant dans le manuel d'application de mars 1982 de la présente instruction. Dans ces tableaux les temps de parcours moyens annuels sont donnés en secondes/km pour les véhicules légers (VL) et pour les poids lourds (PL) sur un tronçon de route de caractéristiques homogènes en nature, en géométrie et en trafic. En outre les temps de parcours dépendent : de la géométrie de la route, du coefficient de rampe P (en %) : ce coefficient est égal à la somme des dénivelés le long du tronçon en valeur absolue, divisée par la longueur du tronçon et du coefficient de visibilité v : ce coefficient est égal à la moyenne arithmétique, divisée par 500, des distances de visibilité mesurées en kilomètre le long du tronçon, exprimées en m et tronquées à 500.

k : capacité horaire en uvp de l'infrastructure

e : coefficient d'équivalence d'un PL en uvp. Chaque classe de trafic a un coefficient d'équivalence en uvp, égal à 1 pour les VP et à une constante e pour les PL (différente selon les infrastructures).

Les étapes de calcul pour déterminer les temps de parcours sont les suivantes :

- nous partons du TMJA par sens de circulation considéré en véhicules/jour, sachant que nous supposons que le trafic sur les deux sens de circulation sont identiques tant du point de vue du niveau de trafic que de la répartition entre VP/PL et VP essence et diesel ;
- nous transformons ensuite ce TMJA/sens en TMJA/horaire ce qui nous donne le trafic horaire moyen par catégorie de véhicule ;
- nous appliquons alors les coefficients de concentration pour gommer les fluctuations temporelles éventuelles. Ces coefficients permettent de remplacer la connaissance des 8 760 heures de l'année par la seule connaissance du TMJA d'où nous déduisons le débit horaire moyen annuel (TMJA/24) ;
- nous transformons ensuite ce débit horaire (véh/j) en débit uvp par le biais du coefficient d'équivalence des PL. Ce coefficient est différent selon le type d'infrastructure considéré (route ou autoroute), car l'existence de PL sur la route, où il n'y a qu'une seule voie par sens de circulation, n'a pas le même effet sur le reste du trafic que l'existence de PL sur autoroute où il y a deux voies par sens de circulation ;
- nous pouvons alors calculer le taux de saturation sur l'infrastructure en ramenant le débit horaire calculé à la capacité de l'infrastructure, donnée en uvp ;
- à partir de ce taux de saturation, nous appliquons les fonctions BPR avec les paramètres α et γ (différents sur la route et sur autoroute) par catégorie de véhicule. Le calcul du temps de parcours est effectué par année et pour toute la durée d'étude.

Cette démarche de calcul est conforme aux instructions de calcul données dans le rapport technique du SETRA. La seule différence avec les résultats de l'étude du SETRA porte sur le calcul du temps de parcours à vide, c'est-à-dire le temps de parcours que mettrait un véhicule pour effectuer le trajet dans des conditions de circulation les plus favorables possibles (sans autre véhicule). L'étude part d'observations sur les vitesses pour calculer le temps de parcours à vide. Dans l'outil, nous partons des vitesses réglementaires pour calculer ces temps.

Par ailleurs, nous partons du principe que les usagers ne dépassent pas les vitesses réglementaires autorisées et qu'à partir du moment où ils sont sur l'autoroute, et dans la mesure où les conditions de circulations le permettent, ils roulent à cette vitesse jusqu'à la sortie. Leur vitesse est, bien entendu, fonction du niveau de trafic et elle est recalculée, en fonction de ce niveau, chaque année. Ce principe est repris également pour les calculs concernant les temps de parcours sur la route. Autre hypothèse, nous ne tenons pas compte des phénomènes de congestion qui pourraient exister aux entrées des villes et qui pourraient avoir des répercussions sur la vitesse sur route et autoroute. Cette

hypothèse est simplificatrice, mais elle peut être prise en première approche.

Les valeurs des paramètres utilisées pour les autoroutes interurbaines sont les suivantes :

Type de relief	γ_v pour les VP	γ_c pour les PL
Plaine	0,41 ± 0,04	0,05 ± 0,01
Vallonné	0,34 ± 0,03	0,04 ± 0,01
Montagneux	0,27 ± 0,04	0,04 ± 0,01
Type d'arc	α_v pour les VP	α_c pour les PL
Autoroute à 3 voies	6	1
Autoroute à 2 voies	4	1

Tableau 46. Valeurs des paramètres des courbes débit – temps de parcours pour les autoroutes interurbaines

Source : SETRA

Les valeurs des paramètres utilisées pour les routes de type 7m sont les suivantes :

	VP	PL
γ	0,41 [0,29-0,60]	0,24 [0,05-0,50]
α	2,6 [1-4]	1,6 [1-3]

Tableau 47. Valeurs des paramètres des courbes débit – temps de parcours pour les routes interurbaines (type 7 m)

Source : SETRA

Les valeurs des paramètres sont susceptibles de changer selon les caractéristiques de l'infrastructure, des conditions d'exploitation et des vitesses autorisées. Nous avons retenu chaque fois les valeurs moyennes.

Les coefficients d'équivalence et de concentrations sont les suivants :

Tableau 48. Coefficient d'équivalence des PL en uvp selon le type d'infrastructure

Route	Autoroute
1 PL = 3 uvp	1 PL = 2,5 uvp

Source : SETRA

Les coefficients d'équivalence sont différents selon le type d'infrastructure. Cela tient au fait qu'un PL n'a pas le même impact sur le reste de la circulation selon qu'il existe plusieurs voies (et donc la possibilité de dépassement) ou une seule.

Tableau 49. Valeurs des coefficients de concentration

Route/Autoroute	
VP	1,6
PL	1,4

Source : SETRA

Les coefficients de concentration permettent de gommer les fluctuations temporelles éventuelles. Ces coefficients permettent de remplacer la connaissance des 8 760 heures de l'année par la seule connaissance du TMJA d'où nous déduisons le débit horaire moyen annuel (TMJA/24). Nous avons fait l'hypothèse que ces coefficients sont les mêmes sur route et sur autoroute.

2.2.3. La loi générale d'affectation du trafic entre itinéraires concurrents.

Une fois que les coûts de circulation sur route et sur autoroute sont déterminés, il faut répartir les trafics sur les deux itinéraires. Cette opération se réalise à partir de la loi générale d'affectation des trafics⁴⁹. Cette loi de répartition est utilisée par la Direction des Routes depuis de nombreuses années. La formule résulte en fait d'une hypothèse selon laquelle les avantages ou bénéfices, estimés par les usagers comparant deux itinéraires, sont répartis au hasard autour de la valeur moyenne de ce bénéfice estimé. La répartition du trafic dépend des coûts de circulation de chaque itinéraire ainsi que du trafic total. La loi de répartition est la suivante :

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{C_2}{C_1}\right)^{10}$$

avec :

$t_1 + t_2 = T$ trafic total de la relation origine-destination,

t_1 et t_2 sont les trafics à attribuer aux deux itinéraires,

C_1 et C_2 sont les coûts de circulation sur ces itinéraires.

Nous partons du trafic à l'année de référence que nous avons fait évoluer selon les taux de croissance retenus pour arriver au trafic attendu à l'année de mise en service de l'infrastructure. À partir de la demande totale de transport (T), nous pouvons donc calculer la répartition en sachant que $T = t_1 + t_2$ d'où $t_1 = T - t_2$ avec t_1 = trafic sur la route et t_2 = trafic sur l'autoroute. Les formules pour calculer le niveau de trafic sur les deux itinéraires sont donc les suivantes :

⁴⁹ Cette loi est aussi appelée « loi d'Abraham », du nom de Claude Abraham qui avait été le premier à l'introduire dans les calculs de répartition des trafics.

$$t_2 = \frac{T}{1 + \frac{(c_2)^{10}}{c_1}} \text{ et par conséquent } t_1 = \frac{\frac{(c_2)^{10}}{c_1} T}{1 + \frac{(c_2)^{10}}{c_1}}$$

Par exemple, imaginons qu'à l'année de mise en service de l'autoroute, le trafic total T est de 10 000 véh /jour. Désormais ce trafic a le choix entre deux itinéraires 1 (l'autoroute) et 2 (la route) sur le trajet allant de A à B. Imaginons que les coûts de circulation soient les suivants : $c_1 = 1 \text{ €}$, $c_2 = 1,1 \text{ €}$. Selon les formules, le trafic (T) est réparti de la façon suivante :

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{1,1}{1}\right)^{10} = 2,59 \text{ d'où, puisque } t_1 + t_2 = 10\,000 \text{ véh/j, alors :}$$

$$t_2 = \frac{10000}{3,59} = 2800 \text{ véh/j et } t_1 = \frac{2,59 \times 10000}{3,59} = 7200 \text{ véh/j}$$

Le graphique suivant permet de visualiser la répartition d'un trafic entre deux itinéraires selon les coûts de circulation. Il permet de se rendre compte que même faible un différentiel entre deux coûts de circulation a des répercussions importantes sur la répartition du trafic entre deux itinéraires.

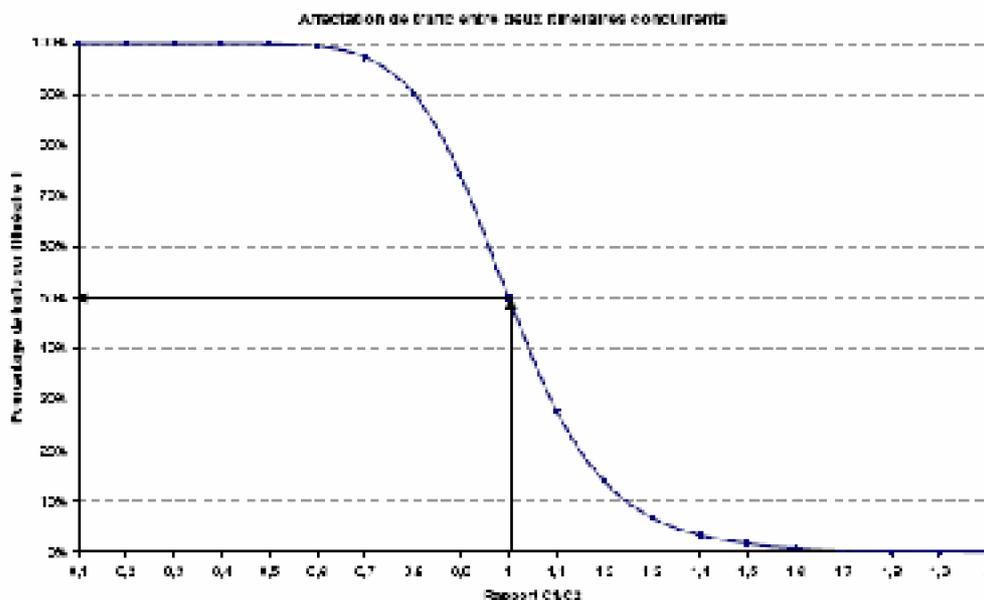


Figure 24. Répartition du trafic selon la loi d'affectation utilisée par la Direction des Routes

Si les coûts de circulation sont identiques sur deux itinéraires (rapport $C_1/C_2 = 1$), alors il y aura une répartition identique du trafic sur les deux itinéraires.

2.2.4. Le trafic induit par la nouvelle infrastructure

Un autre élément entre en compte dans le module trafic, le calcul du trafic induit. Celui-ci peut exprimer à la fois :

- une augmentation de la fréquence des déplacements due à l'offre nouvelle en matière d'infrastructure,
- et/ou l'absorption du déficit de la demande non satisfaite,
- et/ou un report des autres modes de transport sur la route (ou l'inverse si la situation se dégrade),
- et plus généralement une augmentation (à population et poids économique constants) de la génération de trafic de toutes les zones concernées par l'amélioration des conditions de circulation sur le réseau routier.

L'instruction de 1998 précise que « *le trafic induit sera pris en compte si la mise en service de l'aménagement provoque à l'horizon étudié une modification importante des coûts de circulation. C'est le cas par exemple des grands projets. Dans la plupart des autres cas, le phénomène d'induction peut être négligé. Par convention de calcul, et sauf situation particulière permettant un chiffrage explicite, les usagers des autres modes de transport transférés sur la route suite à la mise en service d'un scénario d'aménagement de grande ampleur, sont pris en compte dans le trafic induit.* »

Pour calculer le trafic induit, les étapes sont les suivantes. À chaque courant k de trafic isolé peut être attribué un coût de circulation dk en l'absence d'aménagement et $d'k$ en présence de l'aménagement. Ces coûts de circulation traduisent les conditions offertes. Ces conditions, plus ou moins bonnes, influent sur le volume en véhicules du courant considéré. C'est pourquoi il faut corriger le niveau de trafic tk obtenu par simple extrapolation des trafics existants, en fonction du coût de circulation à l'horizon étudié :

$$tk \text{ réel sans aménagement} = tk \text{ extrapolé} \times \left(\frac{dok}{dk}\right)^{2/3}$$

$$t'k \text{ réel avec aménagement} = tk \text{ extrapolé} \times \left(\frac{d'ok}{d'k}\right)^{2/3} \text{ avec :}$$

- dok est le coût de circulation sur l'itinéraire emprunté par le courant k à l'année de mesure des trafics
- dk est le coût de circulation de la relation considérée à l'horizon étudié en l'absence de l'aménagement
- $d'k$ est le coût de circulation de la relation considéré à l'horizon étudié en présence de l'aménagement

Le trafic induit est égal à la différence entre $t'k$ réel avec aménagement et tk réel sans

aménagement, le trafic induit évolue comme le reste du trafic. Dans le cadre de l'outil nous calculons à la fois une induction de trafic VP et une induction de trafic PL. Les trafics induits une fois calculés évoluent comme le reste du trafic.

2.2.5. La règle de fonctionnement de l'outil vis-à-vis de la répartition du trafic

Pour calculer chaque année le niveau de trafic sur les deux itinéraires, nous devons disposer des coûts de circulation de l'année considérée. Or, ces mêmes coûts dépendent du niveau de trafic de la même année. Nous avons donc contourné cette contrainte en suivant deux règles et affectant les trafics de manière dynamique et non une fois pour toute.

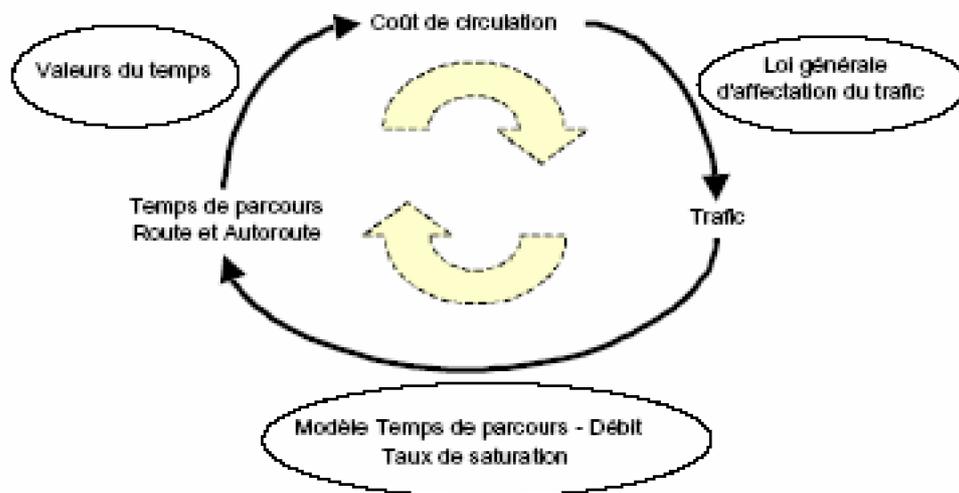


Figure 25. Règle dynamique de calcul et de répartition du trafic

· Sur la durée d'étude

La répartition du trafic dépend des coûts de circulation, qui sont liés en partie aux temps de parcours, qui dépendent eux-mêmes du niveau de trafic (débit/capacité maximale). L'affectation des trafics sur chaque infrastructure à l'année n va se faire à partir de règles fondées sur les coûts de circulation de l'année $n-1$ de façon à prendre en compte les niveaux de saturation éventuels, mesurés par la baisse de la vitesse. Cette démarche nous évite d'avoir des problèmes de références circulaires. Nous faisons l'hypothèse ici que les usagers s'adaptent à l'année n en se fondant sur les coûts de circulation de l'année $n-1$ existant à la fois sur la route et sur l'autoroute. Derrière cette approche, il y a l'hypothèse implicite d'une information parfaite et complète des usagers sur les coûts de circulation. Cette hypothèse est forte, car dans la pratique les usagers ont rarement conscience des coûts que leurs déplacements engendrent. L'avantage est de disposer d'une répartition du trafic dynamique qui n'est pas faite une seule fois à l'année de mise en service de la nouvelle infrastructure.

· À la mise en service

Pour calculer les coûts de circulation sur l'autoroute à la mise en service, nous avons

besoin de connaître, entre autres, les temps de parcours des véhicules sur cette infrastructure. Pour chiffrer ces temps de parcours, nous avons besoin de connaître le trafic détourné. Nous avons un problème de référence puisque nous avons besoin de connaître une variable afin de la calculer. Pour contourner ce problème de référence circulaire, nous faisons l'hypothèse qu'à la mise en service de la nouvelle infrastructure, la moitié du trafic de la route se reportera sur l'autoroute⁵⁰. Cette hypothèse nous permet de calculer une première affectation entre les deux itinéraires. Ensuite la répartition des trafics s'effectue selon la règle citée précédemment, l'ajustement se faisant les années suivantes.

3. Le bilan socio-économique pour la collectivité

L'objet du calcul économique, et des méthodes coûts-avantages, est d'évaluer des projets, c'est-à-dire de vérifier s'ils sont techniquement réalisables et s'ils permettent une amélioration du bien être collectif. Pour ce faire, l'analyse consiste à faire le bilan pour la collectivité du projet. Ce bilan est appelé bilan socio-économique pour la collectivité ou bilan coûts-avantages pour la collectivité. Ce bilan est par définition la balance des avantages et des inconvénients monétaires et monétarisables de ce projet, rapportés à son coût complet. C'est un bilan différentiel par rapport à la situation de référence. Il est effectué en euros constants et se fonde sur le concept d'actualisation. À partir de ce bilan, différents indicateurs peuvent être calculés. Nous les avons vus dans le chapitre un.

D'autres bilans peuvent venir compléter le bilan coûts-avantages pour la collectivité, ceux par agents économiques. Ces bilans consistent à estimer l'ensemble des coûts et des avantages du projet pour chaque acteur. Ils permettent ainsi d'identifier qui bénéficie et qui supporte les effets positifs ou négatifs d'un projet. Ces bilans sont établis toutes taxes comprises (hors taxes récupérables), les taxes constituant un coût supplémentaire pour un acteur.

L'addition des analyses menées pour chaque acteur permet de reconstituer le bilan coûts-avantages pour la collectivité en ne faisant ressortir que les avantages nets du projet. Pour avoir les avantages nets, il faut soustraire les éléments qui peuvent faire l'objet de double compte ou qui sont de simples transferts d'un agent à un autre et qui s'annulent.

3.1. Le bilan par agents économiques concernés par le scénario d'aménagement

En reprenant la définition qu'en donne le CERTU (CERTU, 2002), nous pouvons définir

⁵⁰ En l'absence des connaissances des coûts de circulation sur les itinéraires, cette façon de faire était conseillée dans l'instruction de 1970. Les débits sont également répartis entre les deux itinéraires pour calculer une première affectation. Par la suite, les coûts de circulation étant connus, il est possible de calculer une nouvelle affectation, *etc.*

les agents ⁵¹ économiques comme des groupes de personnes, des institutions ou des entreprises, caractérisés par leur fonction ou leur situation. Un agent adopte un comportement différent, mais aussi ressent des avantages différents d'un scénario d'offre à l'autre.

Les différents agents susceptibles d'être concernés par un projet d'infrastructure routier sont :

1/ Les usagers qui peuvent être :

- les usagers de la route ;
- les usagers d'autres mode de transport (fer, avion, transport collectif) ;

2/ Les riverains qui subissent des effets externes négatifs ou bénéficient d'éventuels effets positifs.

3/ Les opérateurs de transports qui peuvent être :

- les entreprises de transport ;
- les gestionnaires d'infrastructures ;

4/ La puissance publique qui peut être :

- l'État ;
- et/ou les collectivités territoriales.

3.1.1. Le bilan des usagers de la route

Le bilan des usagers de la route est calculé à partir des coûts de circulation et est constitué des avantages qui se décomposeront en gains de temps, en amélioration du confort pour les véhicules légers, en variation des frais de fonctionnement des véhicules, en variation de la dépréciation des véhicules légers et en variation du produit des péages éventuels.

Les avantages sont déterminés à partir du surplus des usagers suivants :

- les usagers anciens, c'est-à-dire ceux qui restent sur l'ancienne infrastructure et qui bénéficient, du fait du trafic détourné vers la nouvelle infrastructure, de meilleures conditions de circulation ;
- les usagers détournés, c'est-à-dire ceux qui préfèrent se détourner vers l'itinéraire concurrent ;
- les usagers induits, c'est-à-dire ceux qui, du fait de la nouvelle offre, vont se déplacer alors qu'ils ne le faisaient pas avant et/ou se déplacer davantage. Pour ce trafic, nous considérerons que la répartition de la variation de surplus est linéaire entre la variation maximale et une variation nulle. Dans ce cas, le surplus du trafic induit est

⁵¹ Le CERTU les nomme acteurs, nous préférons le terme d'agents économiques, plus conforme à la démarche économique qui caractérise les évaluations de projets.

égal à la moitié du produit du nombre de clients par la variation maximale de surplus (Cf. le paragraphe sur les gains de temps de ces usagers).

Pour calculer le surplus des usagers, les étapes sont les suivantes :

1) Calcul du coût de circulation des usagers, selon les méthodes déjà exposées.

2) Estimation des avantages sur la base des trafics qui ont été calculés sur chaque itinéraire. Parmi ces avantages (qui par ailleurs peuvent être négatifs), il y a les gains de temps, la variation de confort et la variation des frais de fonctionnement.

Les gains de temps sont évalués en unités physiques et en termes monétaires par application des valeurs tutélaires de référence.

Les gains de temps sont d'abord ceux des usagers anciens de l'itinéraire qui profitent de meilleures conditions de circulation. Pour eux le calcul est simple puisque nous multiplions le gain unitaire (comparaison des coûts de circulation) par le volume de trafic, décomposé en classes (VP, PL) et par la valeur du temps qui varie également d'une classe à l'autre.

Les gains de temps sont ensuite ceux des usagers détournés vers la nouvelle infrastructure. La méthode de calcul est la même. Seuls les coûts de circulations pris en compte changent.

Enfin les gains de temps sont ceux des usagers induits. Pour ces usagers nouveaux de la liaison entre la ville A et B, le raisonnement est schématiquement le suivant. Ces usagers n'utilisaient pas la liaison avant le projet parce que d'autres destinations ou activités étaient pour eux plus attractives. Pour ceux pour lesquels il y avait en fait une indifférence entre ces deux activités et un voyage de A à B (ou inversement), une baisse même très faible, des coûts de circulation suffit à leur faire choisir ce voyage. Ils tireront donc de la réalisation du projet un avantage pratiquement égal à celui des usagers anciens. À l'autre extrémité, un agent économique qui évalue l'écart entre un voyage et les activités qu'il devrait abandonner à un montant égal à la réduction des coûts de circulation induite par le projet a un intérêt nul dans sa réalisation. Le surplus brut des nouveaux usagers est donc compris entre zéro et le surplus des usagers anciens. C'est pourquoi l'avantage unitaire des nouveaux usagers est égal à la moitié du produit du nombre d'usagers par la variation maximale de surplus. Cela revient à considérer que la répartition des nouveaux usagers en fonction du surplus qu'ils tirent de la nouvelle infrastructure est uniforme.

La variation du confort est évaluée en termes monétaires

À l'origine, la valeur unitaire du malus d'inconfort a été déterminée pour les voitures particulières, tout comme la valeur du temps, par l'analyse du comportement des usagers. Cette analyse a permis de déterminer un couple de valeurs (temps, malus d'inconfort). En conséquence, la présentation des avantages de temps pour les usagers VP ne peut être en aucune façon dissociée de la présentation des avantages de confort.

Les valeurs du temps et du confort des VP croissent comme la consommation finale des ménages par tête, avec une élasticité de 0,7 jusqu'à la dernière année d'exploitation correspondant à la durée de vie du projet, de la manière suivante :

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

$$V^{VP}_n = V^{VP}_{2000} (1 + t_{VP})^{n-2000} \text{ avec :}$$

V^{VP}_n : valeur du temps et du confort VP à l'année n

V^{VP}_{2000} : valeur du temps et du confort VP à l'année 2000

t_{VP} : taux de croissance de la valeur du temps et du confort des VP

L'instruction 2007 nous donne comme fourchette les hypothèses suivantes. Elles tiennent déjà compte de l'élasticité de 0,7. Ce sont des taux de croissance géométriques.

- hypothèse haute : + 1,4 % par an
- hypothèse moyenne : + 1,12 % par an
- hypothèse basse : + 0.84 % par an

La valeur du temps des PL croit comme le Produit Intérieur Brut avec une élasticité de 2/3 :

$$V^{PL}_n = 31,4 + V^{PL}_{2000} (1 + t_{PL})^{n-2000} \text{ avec :}$$

V^{PL}_n : valeur du temps des PL à l'année n

V^{PL}_{2000} : valeur du temps marchandises des PL à l'année 2000

t_{PL} : taux de croissance de la valeur du temps des PL

L'instruction 2007 nous donne comme fourchette les hypothèses suivantes. Elles tiennent déjà compte de l'élasticité de 2/3. Ce sont des taux de croissance géométriques.

- hypothèse haute : + 1,53 % par an
- hypothèse moyenne : + 1,27 % par an
- hypothèse basse : + 1 % par an
- La variation des frais de fonctionnement est évaluée en termes monétaires.

Les frais de fonctionnement retenus correspondent à un coût supporté par les usagers, c'est-à-dire TTC pour les VP et hors TVA pour les PL, ces derniers la récupérant. Il y a :

- la consommation de carburant, qui est estimée à partir du logiciel IMPACT de l'ADEME.
- l'entretien courant, pneumatique, lubrifiant et la dépréciation du véhicule.

- les péages éventuels. Nous retenons les valeurs de péages (à l'année 2000) données à titre indicatif dans l'instruction.

Le bilan des usagers de la route est donc la somme des avantages annuels de l'aménagement pour chaque catégorie d'utilisateur. Ces avantages s'évaluent en comparant deux situations : celle à l'année considérée dans le scénario de référence et celle en présence de l'aménagement.

S = Surplus ; C = coût de circulation

$$S_{\text{usagers}} = S_{\text{anciens usagers}} + S_{\text{usagers détournés}} + S_{\text{usagers induits}} \text{ avec :}$$

$$- S_{\text{anciens usagers}} = \text{Trafic}_{\text{ancien}} * [C_{\text{route}}(\text{référence}) - C_{\text{route}}(\text{projet})]$$

$$S_{\text{usagers détournés}} = \text{Trafic}_{\text{détourné}} * [C_{\text{route}}(\text{projet}) - C_{\text{autoroute}}]$$

$$S_{\text{usagers induits}} = \text{Trafic}_{\text{induit}} * \frac{[C_{\text{route}}(\text{référence}) - C_{\text{autoroute}}]}{2}$$

3.1.2. Le bilan du concessionnaire de l'infrastructure

Le bilan du concessionnaire est égal à la variation de l'excédent brut d'exploitation (EBE). Calculé chaque année, il s'agit de la différence entre les recettes d'exploitations (R) et les coûts (C) d'exploitation (hors investissements). L'EBE détermine la valeur des cash-flows disponibles chaque année. L'EBE correspond à un solde intermédiaire de gestion. Il donne une évaluation du revenu de l'entreprise avant prise en compte des frais financiers, des impôts sur les bénéfices et des amortissements, indépendamment du poids de la structure financière, de la fiscalité et des pratiques d'amortissement.

- Dépenses.

Les sociétés concessionnaires d'autoroutes récupèrent la TVA sur l'ensemble de leurs dépenses⁵² (construction, grosse réparation, renouvellement des immobilisations, ICAS, entretien et exploitation). Les dépenses des opérateurs du réseau concédé sont donc égales à :

$$\text{Dépenses} = \text{IC} + \text{R} + \text{E} + \text{T} + \text{IS} \text{ avec :}$$

⁵² D'importantes décisions qui réforment en profondeur le système autoroutier ont été prises ces dernières années. Parmi elles, figure la mesure prise en 2000 qui résulte d'une décision de la Cour de justice européenne obligeant la France à appliquer le régime de droit commun de la TVA : assujettissement des recettes de péage au régime normal de TVA, récupération de la TVA sur les travaux. Ainsi, à compter du 1er janvier 2001 : - Les poids lourds voient les péages augmenter de la TVA (19,6 %) qu'ils peuvent ensuite récupérer, - Les tarifs TTC applicables aux véhicules légers demeurent inchangés. En revanche, les sociétés d'autoroutes ont désormais la possibilité de récupérer la TVA sur les travaux de construction.

- IC : somme actualisée des Investissements Complémentaires sur Autoroute en Service (HT)

La chronique des dépenses de grosses réparations et d'ICAS peut être difficile à établir pour des projets. À défaut, nous utilisons les dépenses annuelles moyennes données dans le tableau.

Tableau 50. Dépenses d'entretien et d'exploitation de l'autoroute

En euros 2000 HT par km	Montagne	Vallonné	Plaine
Grosses réparations et renouvellement des immobilisations ICAS	46 000	37 000	31 000
Entretien et exploitation	8 000	6 000	6 000
	105 000	95 000	90 000

Source : Instruction - Annexe 10 : Bilan des recettes et des dépenses

- R : somme actualisée des dépenses de grosses réparations et renouvellement des immobilisations (HT)

Les dépenses de grosses réparations peuvent correspondre, par exemple, à des travaux de réfection des chaussées, des talus, des glissières de sécurité, de la signalisation.

Le renouvellement d'immobilisation peut correspondre, par exemple, à des immobilisations qui ont une durée de vie inférieure à la durée de concession, comme le matériel de péage, la signalisation, de télétransmission, de vidéos de surveillance ainsi que les matériels informatiques, de transport et les matériels et outillage.

- E : somme actualisée des dépenses d'entretien et d'exploitation (HT)

Ces dépenses sont principalement composées des charges de personnels.

- T : somme actualisée de la taxe professionnelle et de la redevance domaniale (Cf. bilan de la puissance publique).
- Recettes.

Les variations de recettes du concessionnaire sont les variations de recettes de péage hors TVA et hors Taxes d'Aménagement du Territoire (TAT).

3.1.3. Le bilan de la puissance publique

Les éléments à prendre en compte dans le bilan sont :

- en recettes : les variations des impôts et taxes
- en dépenses : les participations aux dépenses d'investissement du projet et éventuellement les incidences du projet sur la variation des charges publiques annuelles d'entretien et d'exploitation.

En ce qui concerne les recettes, le bilan pour la puissance publique se compose de plusieurs éléments : d'une part des variations de taxes liées à la construction de l'infrastructure, à son entretien et à son exploitation et d'autre part, aux variations de taxes versées par les usagers.

- Taxes liées à la construction, l'entretien et l'exploitation de l'infrastructure.
 - Variation d'impôts payés par le concessionnaire aux collectivités territoriales : nous avons calculé la base d'imposition de la taxe professionnelle telle que définie à l'annexe 14.II de l'instruction à laquelle nous avons appliqué un taux moyen d'imposition de 22 %.
 - Variation d'impôts sur les sociétés payés à l'État : nous retenons 20 % de l'Excédent Brut d'Exploitation réalisé par le concessionnaire sur la base d'un taux d'imposition de 34,33 %.
 - Variation de la taxe d'aménagement du territoire (TAT)⁵³ : en l'état actuel de la législation, nous prenons 0,00686 €/véh.km.
 - Variation de la redevance domaniale (RD) versée à l'État⁵⁴ : la redevance domaniale annuelle, exprimée en euros 2000, est obtenue selon la formule suivante :

$$RDt = [4\ 850 \times L + (0,015 \times RPt)] \times 0,3 \text{ avec}$$

RDt : redevance domaniale de l'année t

RPt : recettes de péage hors TVA et hors TAT de l'année t

L : longueur du réseau concédé en km

- Variation des taxes versées par les usagers.
 - Variation de TVA sur la dépense transport des usagers, c'est-à-dire sur les frais de fonctionnement des véhicules y compris les péages. Pour les PL, il n'y a pas de variation de TVA, ceux-ci la récupérant.
 - Variation de TIPP : l'instruction nous donne les valeurs suivantes en euros 2000 :

VP : 0,50 €/litre

PL : 0,39 €/litre.

L'instruction ne distingue pas les VP essence des VP diesel. Ce sont des valeurs

⁵³ En 1990, l'« Assemblée » crée le Fond d'Investissement des Transports Terrestres et des Voies Navigables (FITTVN). Ce fond avait pour but de relancer l'investissement public en matière d'infrastructures de transport dans un contexte de faible croissance économique. En 2001, le FITTVN a été supprimé. Ce fonds était alimenté par deux taxes : une taxe sur les ouvrages hydroélectriques concédés et une taxe sur les concessions d'autoroute (TAT). Le FITTVN a disparu mais les taxes qui l'alimentaient restent pérennes.

Pour le trafic induit VP, pour lequel la variation de recettes fiscales ne peut être estimée de façon simple, l'instruction donne comme indication de faire l'hypothèse que la dépense transport des usagers se substitue à une autre dépense qui aurait été effectuée au taux moyen de TVA national (15,5 % de la consommation finale). Pour ce trafic la

variation de recettes fiscales est donc :

⁵⁴ La redevance domaniale instituée par le décret n°97-606 du 31 mai 1997 est une redevance d'occupation temporaire du domaine public.

$$\text{Variation recettes fiscales} = T - T_0 \text{ avec}$$

T : taxes perçues par l'État pour ces usagers après mise en service (TVA + taxes spécifiques).

T_0 : taxes perçues par l'État avant mise en service, soit $0,155 d$, d étant la dépense transport de ces usagers.

3.1.4. Le bilan des riverains

Les impacts de la pollution atmosphérique peuvent se faire ressentir à différentes échelles, locale, régionale ou planétaire. Concernant le bilan des riverains, c'est la pollution de l'air au niveau local et régional qui est considérée.

Le bilan des riverains correspond aux variations d'émissions de polluants (CNT, 1999) engendrées par l'aménagement de l'infrastructure. Ces deux volets peuvent être calculés en unités physiques puis en unités monétaires par le biais des valeurs tutélaires.

Le coût ou le gain de la pollution atmosphérique se calcule à partir du nombre de véhicules.kilomètres parcourus, ceux-ci étant liés aux unités de trafic calculées par ailleurs. Dans la pratique, nous multiplions les véhicules.kilomètres classés par catégorie de véhicules (VP/PL) par la valeur tutélaire associée.

A titre d'information, le bilan des riverains prend en compte également les variations des nuisances sonores. Le coût ou le gain du bruit est directement corrélé au niveau de trafic. Généralement, en interurbain, la mise en service d'une nouvelle infrastructure entraîne une baisse des nuisances sonores pour les riverains situés le long des itinéraires concurrents. Celles engendrées par la nouvelle infrastructure étant limitées par des mesures antibruit, le report de trafic engendre un gain monétaire lié à la pollution acoustique pour la collectivité.

3.2. Le bilan coûts-avantages pour la collectivité

Le bilan coûts-avantages pour la collectivité résulte de la comparaison de l'avantage net global du scénario d'aménagement à son coût d'investissement.

Afin de traduire le plus fidèlement possible la situation, le bilan prend en compte les coûts hors taxes récupérables. Ainsi, par exemple l'utilisateur final (VP) supporte les taxes (TVA et TIPP), alors que l'utilisateur professionnel (PL) récupère la TVA. Lorsque le projet génère des variations de ces différentes taxes leur contrepartie apparaîtra comme des gains pour l'État. Ces variations sont des transferts qui s'annulent dans le bilan pour la collectivité.

Nous présentons d'abord l'avantage net global du projet puis les différents effets externes monétarisés (hors valorisation du temps) avant de détailler plus précisément le bilan coûts-avantages pour la collectivité.

3.2.1. L'avantage net global du projet

L'avantage net global du scénario d'aménagement est la somme actualisée des avantages des usagers routiers, de la puissance publique (à laquelle les avantages de

sécurité routière sont attribués), des opérateurs du réseau concédé et des riverains (pollution, effet de serre), diminués des dépenses d'entretien et d'exploitation du scénario d'aménagement.

L'annexe 12 de l'instruction de 2007 nous donne les composantes de l'avantage net global. Concernant le bilan des riverains, nous lui avons rajouté la valorisation de l'effet de serre, bien que l'instruction de 2004/2005 recommande de la calculer à part.

Cet avantage est composé de la somme actualisée des avantages suivants diminuée des dépenses d'entretien et d'exploitation (hors taxes) actualisées du scénario d'aménagement (ΔE) :

- des usagers de la route VP et PL (ΔU) : temps, confort VL, frais de fonctionnement, dépréciation des véhicules (VL), péages ;
- de la puissance publique : recettes fiscales sur les usagers (ΔX) et sécurité (ΔS) ;
- du concessionnaire de l'infrastructure : péages (ΔP) ;
- des riverains : environnement(ΔEnv) : pollution, effet de serre

L'avantage net global du projet est donc égale à : $A = \Delta U + \Delta X + \Delta S + \Delta P + \Delta R + \Delta Env - \Delta E$

Le calcul s'effectue par année et pour toute la durée d'étude. Le bilan coût-avantage pour la collectivité s'obtient en retranchant les coûts d'investissement à cet avantage global. Les valeurs monétaires étant toutes actualisées à l'année d'actualisation choisie.

3.2.2. La prise en compte des coûts externes

Nous passons ici en revue les différents effets non marchands monétarisés qui sont pris en compte dans le bilan coûts-avantages pour la collectivité.

a) La sécurité routière

Parmi les différents avantages liés à la mise en place d'une infrastructure routière figurent les gains de sécurité. La sécurité est comptée dans les avantages non marchands car il n'existe pas de marché sur lequel est valorisée la sécurité. La sécurité fait donc l'objet d'une évaluation collective et tutélaire. L'évaluation monétaire de la vie humaine retenue ici est issue du rapport du Commissariat Général du Plan. L'instruction fournit les éléments permettant d'évaluer les gains de sécurité procurés par un aménagement routier en termes physiques.

Pour évaluer ces gains, nous comparons la situation de référence (nombre d'accidents, taux de tués et de blessés) à la situation prévisible avec aménagement. Nous utilisons les ratios donnés en fonction des profils des routes figurant dans le tableau ci-après. Les taux d'insécurité mentionnés résultent d'une moyenne sur les années 1990-2001.

Tableau 51. Ratios d'accidentologie en fonction des profils des routes

	Nombre	Tués pour	Blessés	Blessés
--	--------	-----------	---------	---------

	d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	100 accidents	graves pour 100 accidents	légers pour 100 accidents
□ 7 m 7 m 3 voies	14,6 11,4	15,7 21,7	49,6 49,6	109,7 114,5
9 m 3 voies	11,1 9,2 9,9	16,4 23,7	42,1 51,7	135,8 106
10,50 m 4 voies	6,9 6,6 4,8	24,8 13,1	51,3 31,4	109,6 122,6
14 m 2 x 2 voies		40 9,3	80 26,3	130 125,3
7 m express autoroute				

Source : Instruction - Annexe 8

Les valeurs d'insécurité des VP croissent comme la consommation finale des ménages par tête de la manière suivante. Ce sont des taux de croissance géométriques.

- hypothèse haute : + 2 % /an
- hypothèse moyenne : + 1,6 % /an
- hypothèse basse : + 1.2 % /an

Les avantages liés à l'amélioration de la sécurité se déterminent en faisant la différence entre les coûts liés à la circulation sans aménagement et les coûts liés à la situation avec aménagement. Les gains sont calculés chaque année durant toute la période d'étude et actualisés à l'année d'actualisation choisie.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Situation de référence} & & \text{Situation avec aménagement} \\
 \\
 \text{Coût de l'insécurité sur route} & - & \left[\begin{array}{c} \text{Coût de l'insécurité sur route} \\ \text{Ratio sur route} * \text{Véh. km sur route} \\ + \\ \text{Coût de l'insécurité sur autoroute} \\ \text{Ratio sur autoroute} * \text{Véh km sur autoroute} \end{array} \right] = \text{Avantage de sécurité routière} \\
 \text{Ratio sur route} * \text{Véh.km sur route} & &
 \end{array}$$

Une limite que nous pouvons souligner ici à propos du mode de calcul des coûts d'insécurité routière est la constance des ratios qui donnent un coût fixe par type d'infrastructure et qui, par conséquent, ne suivent pas l'évolution de l'insécurité routière qui peut être observée sur la durée d'exploitation. Or l'histoire récente nous a montré que l'insécurité routière et les coûts qui lui sont associés sont sujets à des variations. Une autre limite que nous pouvons souligner est le manque de relation entre les ratios et la vitesse des véhicules, la composition du trafic et son niveau. À vitesse élevée les accidents seront plus graves qu'à vitesse faible.

b) La pollution atmosphérique

Les coûts/gains liés à la pollution atmosphérique sont calculés à partir des

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

véhicules.kilomètres calculés en comparant la situation avant et après aménagement. Les valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique diminuent dans le temps du fait d'une double règle d'évolution : la première concerne la diminution des émissions de polluants grâce au progrès technique et baisse les valeurs dans le temps, la deuxième concerne l'évolution de la consommation finale des ménages par tête et les augmente dans le temps. La première évolution étant plus forte que la deuxième, les valeurs baissent dans le temps.

Les valeurs de la pollution atmosphérique évoluent dans la fourchette des hypothèses suivantes. Ce sont des taux de croissance géométriques.

- hypothèse haute : VP : -3,61 % /an / PL : -4,63 % /an
- hypothèse moyenne : VP : -3,99 % /an / PL : -5,00 % /an
- hypothèse basse : VP : -4,37 % /an / PL : -5,38 % /an

Il semble que dans l'instruction de 2007 les valeurs évolueront positivement après 2020. Les bénéfices des progrès technologiques réduisant les émissions de polluants des véhicules après cette date n'ont pas été reconduits.

Ne disposant pas encore de ces informations, nous avons appliqué la même règle d'évolution au-delà de 2020.

Les coûts ou gains liés à la pollution atmosphérique se déterminent en faisant la différence entre les coûts entraînés sans aménagement et les coûts entraînés avec aménagement. Les valeurs sont calculées chaque année durant toute la période d'étude et actualisées à l'année d'actualisation choisie.

Situation de référence		Situation avec aménagement	
Coût de la pollution sur route Valeur tutélaire VP*100 véh.km Valeur tutélaire PL*100 véh.km	-	Coût de la pollution sur route Valeur tutélaire VP*100 véh.km Valeur tutélaire PL*100 véh.km + Coût de la pollution sur autoroute Valeur tutélaire VP*100 véh.km Valeur tutélaire PL*100 véh.km	= Avantage de pollution atmosphérique

c) L'effet de serre

Le calcul des coûts/gains liés à l'effet de serre entraîné par les émissions des véhicules nécessite l'estimation de la consommation de carburant de l'ensemble du trafic en fonction du type de véhicule (essence, diesel). Pour le calcul, nous partons des consommations moyennes de carburants par type de véhicules pour 100 km parcouru et par type de parcours (route ou autoroute) que nous multiplions par le niveau de trafic et par les valeurs de carbone associées au type de carburant⁵⁵.

Le calcul des consommations des véhicules se fait à partir du logiciel IMPACT réalisé par l'ADEME. Ce logiciel permet à partir d'une année de référence (N), des flux de

véhicules (VP, PL), de la vitesse moyenne de circulation (km/h) ainsi que de la longueur du tronçon de voirie étudié (km), de calculer la consommation de carburant (en gramme). À partir de la masse volumique de l'essence et du diesel, il suffit de transformer la consommation en gramme en litre⁵⁶.

La consommation des véhicules dépend de la vitesse moyenne de circulation. À partir du logiciel, nous avons reconstitué les courbes de consommation en fonction de la vitesse pour les VP essence, les VP diesel et les PL. Ces courbes ont été établies selon les conditions du parc automobile à l'année 2000 sur des moteurs à chaud.

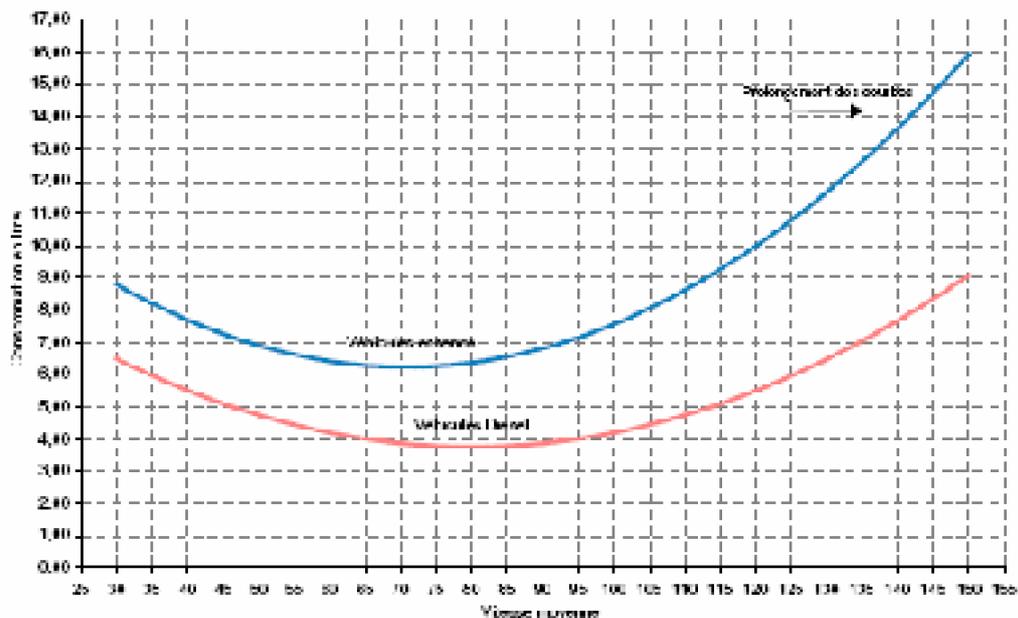


Figure 26. Consommation (litre/100km) des VP en fonction de la vitesse moyenne

Source : IMPACT - ADEME

⁵⁵ Exemple : une VP consomme 8 litres/100 km sur route. Sa consommation totale pour un parcours de 110 km sera de 8,8 litres. Si cette voiture consomme de l'essence, le coût de l'effet de serre associé à ce parcours sera de 0,57 € (8,8*0,065423). Si cette voiture consomme du gasoil le coût sera de 0,64 € (8,8*0,072736).

⁵⁶ 0,734 kg = 1 litre d'essence ; 0,846 kg = 1 litre de diesel.

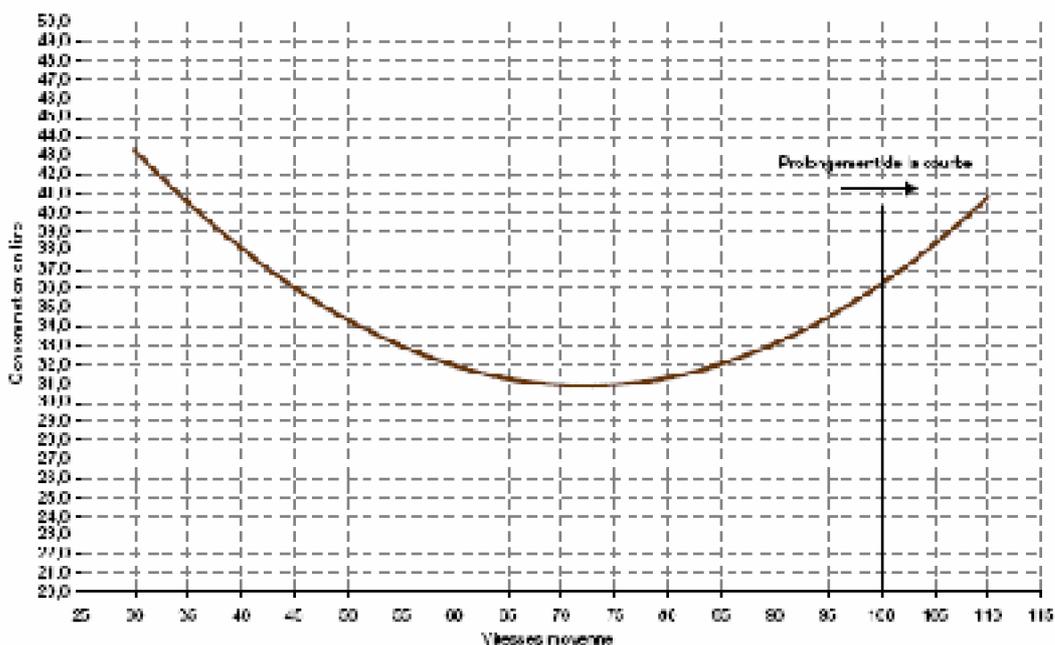


Figure 27. Consommation (litre/100km) des PL en fonction de la vitesse moyenne

Source : IMPACT - ADEME

Nous avons prolongé les courbes de façon à avoir les consommations pour des vitesses supérieures.

Les coûts ou gains liés à l'effet de serre se déterminent en faisant la différence entre les coûts entraînés sans aménagement et les coûts entraînés avec aménagement. Les valeurs sont calculées chaque année durant toute la période d'étude et actualisées à l'année d'actualisation choisie.

3.2.3. Le bilan coûts-avantages pour la collectivité

En prenant en compte les effets non marchands, nous pouvons calculer le bilan coûts-avantages du projet à partir duquel nous calculons le bénéfice actualisé pour la collectivité. Le tableau ci-dessous détaille l'ensemble des éléments qui le composent.

Bilan coûts-avantages actualisé pour la collectivité		
Agent économique	Nature des avantages pris en compte	
Usagers VP	Variation Temps	
	Variation Avantage confort	
	Variation Frais de fonctionnement ¹⁷	
	Variation Péage	
Somme actualisée des avantages usagers VP		(1)
Usagers PL	Variation Temps	
	Variation Frais de fonctionnement ¹⁸ (carburant)	
	Variation Péage	
Somme actualisée des avantages usagers PL		(2)
Puissance publique	Variation Recettes fiscales sur les usagers VP	
	Variation Recettes fiscales sur les usagers VP et PL (carburant)	
	Variation Recettes fiscales sur les usagers induits	
	Variation Recettes fiscales sur les péages	
	Variation Sécurité routière	
Somme actualisée des avantages de la puissance publique		(3)
Riverain	Variation Pollution atmosphérique	
	Variation Effet de serre	
Somme actualisée des avantages de la puissance publique		(4)
Concessionnaire	Variation Recettes de péages	
Somme actualisée des avantages du concessionnaire		(5)
Somme actualisée des avantages tout agent économique confondu		(6) = (1+2+3+4+5)
Dépenses d'entretien et d'exploitation		(7)
Avantage net global		(8) = (6-7)
Investissement		(9)
Bénéfice actualisé pour la collectivité		(10) = (8-9)

Tableau 52. Présentation du bilan coûts-avantages actualisé pour la collectivité

Le bénéfice actualisé pour la collectivité s'obtient à partir :

- des bilans des usagers Voitures Particulières et Poids Lourds (1) (2). Ceux-ci comprennent les avantages de temps, les avantages de confort pour les VP uniquement, les avantages de frais de fonctionnement et les avantages de péages.
- du bilan de la puissance publique (3). Celui-ci comprend les recettes fiscales des usagers VP sur les frais de fonctionnement, les recettes fiscales sur les consommations de carburant VP et PL, les recettes fiscales liées aux péages, les recettes fiscales des usagers induits et les avantages liés à la sécurité routière.
- du bilan des riverains (4). Celui-ci comprend le coût/gain lié à la pollution atmosphérique et le coût/gain lié à l'effet de serre. Concernant le coût lié à l'effet de serre, nous l'avons mis dans ce bilan bien que le réchauffement climatique soit un phénomène mondial.
- du bilan du concessionnaire (5). Celui-ci comprend les recettes VP et PL liées au péage.

L'addition de ces bilans donne l'avantage net global (8) qui s'obtient en retranchant les dépenses d'exploitation (7) au bilan des avantages (6). Le bénéfice actualisé pour la

collectivité (10) s'obtient une fois que le coût d'investissement (9) a été retranché à l'avantage net global (8).

Conclusion

Les méthodes d'évaluation des investissements d'infrastructures routières sont formalisées et normalisées pour que dans la pratique, et en théorie, chaque collectivité ou maître d'ouvrage se trouvant devant un choix d'investissement puissent procéder à l'évaluation de celui-ci. Les méthodologies et les valeurs unitaires à appliquer sont fournies dans les instructions ministérielles et permettent de mener à bien une évaluation sous réserve de disposer d'un personnel qualifié et des données nécessaires, notamment sur les trafics.

Les méthodes utilisées dans l'outil, notamment celles des calculs des temps de parcours et des consommations de carburant, s'inscrivent dans la lignée des réformes engagées par les services de l'Etat concernant le logiciel d'évaluation jusqu'à présent utilisé⁵⁷. Avec la prise en compte des nouvelles valeurs tutélaires, l'outil permet de concentrer l'ensemble des modifications intervenues ces dernières années dans le domaine des évaluations de projets. L'outil reflète les pratiques du calcul économique telles qu'elles sont mises en œuvre aujourd'hui.

Le cadre théorique dans lequel s'inscrit l'outil est volontairement simplifié. Cette simplification de la réalité, à la seule analyse des effets des trafics routiers entre les deux villes, a ces avantages et ces limites. Les avantages se trouvent dans la manipulation de l'outil et dans la compréhension des mécanismes qui mènent aux résultats de rentabilité du projet et des relations entre les effets externes entraînés par le projet et les trafics. Les limites se situent dans la pluralité des scénarios étudiés. Seuls les voitures particulières et les poids lourds sont pris en compte et le maillage routier est réduit, le choix de l'itinéraire pour les usagers est restreint aux deux itinéraires concurrents.

Malgré tout, l'outil s'inscrit dans une démarche d'évaluation économique rationnelle et transparente qui reste cohérente vis-à-vis de l'objectif premier de ce travail : disposer d'un instrument susceptible d'apporter un éclairage sur les pratiques actuelles du calcul économique et qui permette de répondre aux questions que nous nous sommes posées. Le but de ce chapitre était de présenter le fonctionnement détaillé de l'outil et notamment les bases sur lesquelles il repose afin de fournir les éléments d'information et d'explication nécessaires pour la suite de notre travail.

Avec cet instrument nous pouvons aborder les dernières questions soulevées : celle du poids relatif des effets non marchands dans les évaluations tout d'abord et celle de l'utilité de disposer du calcul économique pour révéler les préférences de la collectivité en matière de valorisation des effets non marchands ensuite.

⁵⁷ Le logiciel d'évaluation 'ARIANE' jusqu'à présent utilisé va être remplacé par un nouveau 'TransCAD' qui en actuellement en rodage dans les CETE.

Chapitre IV. Les limites et le rôle pédagogique du calcul économique

« Toutes les prévisions se trompent, c'est l'une des rares certitudes qui a été donnée à l'homme. » Milan Kundera, L'ignorance

Introduction

Toutes les évaluations des projets d'infrastructures de transport reposent sur des estimations et il est fréquent que les avantages et les coûts de la réalisation d'une opération gagnent en précision avec le temps. En outre, les valeurs retenues pour les paramètres d'évaluation d'un projet peuvent être entachées d'incertitudes alors que l'utilisation du bénéfice actualisé comme indicateur de choix nécessite d'évaluer les effets sur une longue période dans un environnement non figé. Par construction, le calcul économique n'est donc pas une science exacte. Les résultats qui en découlent sont des résultats théoriques ou approchés, au sens où ils sont établis sur la base d'hypothèses plus ou moins pertinentes établies au moment où est conduite l'évaluation.

Pour essayer de mieux prendre en compte ces incertitudes, les instructions⁵⁸ ministérielles qui se sont succédé à partir de celle de 1980 (Ministère des Transports, 1980) ont implicitement ou explicitement rappelé l'importance de pratiquer des tests de

sensibilité afin d'avoir des résultats contrastés. La dernière instruction (Ministère des Transports, 2004/2005), précise quant à elle qu'il faut « *borner certaines incertitudes de l'analyse économique par une étude de sensibilité aux paramètres les plus importants* ».

Si, au début, le champ des variables était réduit aux seules hypothèses de croissance du trafic, depuis, le nombre de variables soumis à ces tests a augmenté. La dernière instruction indique les variables à tester : la croissance du PIB, les coûts d'investissement et d'exploitation, le trafic, le coût de l'énergie, y compris les taxes et l'évolution relative des prix du mode de transport concerné et des modes concurrents. Concernant les effets monétarisés, elle précise que les impacts sur les résultats des différents effets externes doivent être indiqués. Parmi ces effets, elle cite : le prix de la vie humaine et les nuisances (le bruit et la pollution).

L'analyse de sensibilité n'est donc pas un élément nouveau dans le domaine des études de rentabilité socio-économique. Elle a été élargie au fil des instructions, passant d'une simple analyse de sensibilité des hypothèses de trafic à l'ensemble des éléments que nous avons cités auparavant.

C'est dans cette démarche de prise en compte des incertitudes liées aux variables, qui déterminent la rentabilité socio-économique, que prend place la première partie de ce chapitre. L'objectif principal sera, à partir de simulations et de tests de sensibilité, de regarder l'influence relative des variables utilisées dans le calcul économique sur les résultats de rentabilité.

Cet exercice nous permettra de mettre en lumière, d'une part les variables à enjeux c'est-à-dire celles dont une faible variation engendre une modification importante du bénéfice actualisé pour la collectivité, et d'autre part les variables secondaires, c'est-à-dire celles dont l'impact est marginal sur les résultats. À travers cette démarche nous observerons en particulier la place réservée aux effets non marchands à travers leur poids relatif dans les résultats finaux.

Nous avons partagé notre analyse en deux parties :

- la première s'intéressera à l'influence relative des variables situées en amont du calcul économique. Ce sont celles qui diffèrent d'un projet à un autre.
- la deuxième s'intéressera à l'influence relative des variables situées au cœur du calcul économique. Ces variables correspondent aux valeurs tutélaires des effets non marchands.

À partir des conclusions auxquelles nous mènerons les résultats, le deuxième objectif de ce chapitre sera de mener une réflexion sur les montants des valeurs tutélaires. Le calcul économique nécessite que soient fixées des valeurs tutélaires pour que soient clairement explicités les prix que la collectivité attribue à des grandeurs aussi différentes que le temps, la pollution, le bruit ou les émissions de CO₂. C'est dans cette perspective, avec les deux rapports Boiteux (1994 et 2001), que l'administration française a engagé des

⁵⁸ Les premières instructions (1970, 1974) ne donnaient aucune indication sur d'éventuels tests de sensibilité à effectuer. Il est possible que cela ait été demandé, suite notamment au rapport de la commission Lherm (1978), qui avait montré l'impact des hypothèses de trafic sur le bénéfice actualisé.

travaux pour préciser les méthodes utilisées dans les évaluations socio-économiques des investissements de transport. Un des enjeux principaux de ces travaux était de préciser les valeurs (prix fictifs) qui devaient permettre d'incorporer aux calculs économiques de rentabilité des investissements publics du secteur des transports, chaque fois que c'était possible, les coûts et les avantages non marchands associés au projet. L'élaboration de ces valeurs a nécessité une large concertation et des compromis de la part des principaux acteurs représentés dans le groupe de travail. Le consensus, lent à obtenir sur certains dossiers, les études mobilisées pouvant conduire à des appréciations nuancées voire contradictoires, constitue néanmoins aujourd'hui, malgré les grandes incertitudes qui demeurent sur bien des points, une base solide sur laquelle il est possible d'appuyer le calcul économique public.

Ne voulant pas nous substituer à ces institutions, nous n'avons pas cherché à proposer de nouvelles valeurs tutélaires. Par contre nous avons développé un procédé de calcul économique à l'envers, qui nous aidera à révéler peut-être des valeurs implicites, différentes de celles existantes. Sans être exhaustif, nous nous sommes penchés sur le cas du mode routier en rase campagne en nous posant une question relativement simple et d'actualité. Depuis que la réduction de l'insécurité routière a été considérée comme une grande cause nationale, de nombreuses mesures ont été prises pour réduire la vitesse sur les routes et autoroutes. À cette orientation marquée en faveur de la sécurité routière, se sont ajoutées des considérations environnementales et énergétiques. En abaissant partout les vitesses maximales sur autoroutes à 120km/h, les émissions de CO₂, les consommations énergétiques et la pollution diminueraient pour le même niveau de trafic. Mais cela se ferait au prix de pertes de temps. Il est alors tentant de se demander si le jeu en vaut la chandelle. C'est là qu'apparaît une forme de calcul économique à l'envers. En regardant les relations qui lient la vitesse aux autres variables, nous montrerons que les montants des valeurs tutélaires ne sont pas toujours cohérents avec ce que les choix politiques révèlent et surtout nous pointerons du doigt la limite de raisonner dans une pure logique de calcul économique.

1. La présentation du cadre d'analyse

Afin de déterminer l'influence relative des variables sur les résultats finaux, nous avons pratiqué des tests de sensibilité. Les résultats de ces tests nous serviront à pouvoir hiérarchiser les différentes variables prises en compte dans les évaluations. Avec cette démarche nous pourrions comparer les poids des effets non marchands entre eux et par rapport à ceux des autres variables. Nous présentons par la suite le cadre d'analyse mis en œuvre pour réaliser cette démarche.

1.1. Une approche par les tests de sensibilité

1.1.1. Les élasticités « apparentes »

L'objectif des analyses de sensibilité est de sélectionner les variables critiques du calcul économique, c'est-à-dire celles dont les variations, positives ou négatives, par rapport à la valeur utilisée comme meilleure estimation dans le cas de référence ont l'effet le plus prononcé sur les résultats de rentabilité (Commission Européenne, 2003).

D'un point de vue méthodologique, le principe est de regarder, par rapport à un scénario de référence, l'effet d'une variation (en %) des valeurs sur le niveau des résultats. De cette analyse, nous pouvons faire ressortir ce que nous appellerons des élasticités* 'apparentes'. Cette terminologie signifie que les résultats des élasticités ne sont valables que dans le cadre théorique de l'outil et des hypothèses prises en compte pour caractériser les scénarios de référence et d'aménagement. Il n'est donc pas possible de généraliser les résultats à tous les projets d'infrastructures routières.

* *Note* : L'élasticité est le changement proportionnel d'une variable y relativement à une autre variable x :

$$E(y,x) = \frac{\frac{\Delta(y)}{y}}{\frac{\Delta(x)}{x}} \text{ Elle est souvent exprimée pour une variation de 1 \% de x}$$

Toutefois, ces résultats sont satisfaisants dans la mesure où ils résultent des méthodes et valeurs de calculs utilisées par les services de l'État en charge des études routières et autoroutières. Ils sont donc construits à partir d'une base commune à tous les projets d'infrastructure de transport. Par ailleurs ils concourent à atteindre notre objectif qui est de connaître le poids relatif de chaque variable dans la détermination des résultats de rentabilité socio-économique. En nous donnant des ordres de grandeur, les résultats permettent de hiérarchiser les variables les unes par rapport aux autres. De cette manière nous pouvons faire ressortir les variables qui ont le plus de poids et celles qui en ont moins.

1.1.2. Le bénéfice actualisé pour la collectivité comme indicateur de travail

Nous limiterons notre analyse à un seul indicateur, celui du Bénéfice Net Actualisé pour la collectivité. Comme le rappelle l'instruction (Ministère des Transports, 2004/2005) « *Pour la collectivité, le bénéfice actualisé est le meilleur critère pour choisir ou refuser un investissement. [II] permet d'apprécier l'intérêt d'un projet au regard du calcul socio-économique : faire ou ne pas faire ; faire maintenant ou plus tard ?* » Ainsi un projet sera considéré intéressant pour la collectivité si son bénéfice socio-économique actualisé est positif.

Rappelons que le bénéfice net actualisé est l'indicateur qui découle du bilan net global du projet qui est la somme des bilans actualisés des agents économiques concernés par le projet en tenant compte des effets externes et en particulier les deux qui nous intéressent : la sécurité routière et l'effet de serre. Les composantes de ce bilan ont été vues au chapitre trois (p.185) et la formule de calcul a été vue au chapitre un (p.35).

Dans notre travail d'analyse de sensibilité, le bénéfice actualisé pour la collectivité est

calculé hors valeur résiduelle de l'investissement et hors investissements éludés. Nous pouvons expliquer ces choix.

- Concernant la valeur résiduelle qui est la valeur de l'investissement de l'infrastructure en fin de période d'étude, nous ne l'avons pas pris en compte dans la détermination du bénéfice. D'une part, parce qu'il n'y a pas d'indications pour la calculer dans les instructions et d'autre part, parce que, même si nous la calculions simplement avec une méthode d'amortissement linéaire, la valeur résiduelle viendrait augmenter le bénéfice de manière inversement proportionnelle à la durée de concession. Notre objectif n'étant pas de comparer des projets par le niveau de leur bénéfice, mais celui de regarder le poids relatif des variables, la prise en compte de cette valeur n'était pas nécessaire⁵⁹.
- Concernant les investissements éludés, qui sont les dépenses d'investissement évitées sur la route en situation de référence du fait du report d'une partie de ce trafic sur l'autoroute, il nous a été difficile de les préciser. L'instruction (Ministère des Transports, 2004/2005) nous dit que « *la situation de référence comporte des investissements d'ores et déjà prévus pour maintenir le niveau de service et qui, pour une part, pourraient ne plus être nécessaires ni réalisés si le projet est décidé.* » Mais il n'y a aucune précision sur ce qu'est le maintien du niveau de service. Cette notion est donc difficile à mettre en œuvre. Par ailleurs, l'instruction nous dit également que « *la situation de référence peut consister à laisser la situation en l'état et à ne pas investir.* » Pour ne pas complexifier l'outil, nous nous sommes rattachés à cette deuxième définition, qui est un cas extrême, mais plausible.

1.2. Les scénarios de référence à la base des analyses

1.2.1. Les trois scénarios de référence

Afin de disposer de différents cas de figure, nous avons considéré trois scénarios de référence pour lesquels nous calculons les élasticités du bénéfice aux variables. Ces scénarios sont construits à partir de la variable qui affecte le plus souvent les résultats socio-économiques. Le rapport d'audit sur les grandes infrastructures de transport (CGPC, Inspection Générale des Finances, 2003) a particulièrement ciblé cette variable dans ses analyses : il s'agit du niveau de trafic susceptible d'être capté par la mise en place de la nouvelle infrastructure.

Les trois scénarios sur lesquelles nous allons fonder nos analyses se caractérisent en fonction du trafic selon leur niveau : trafic faible (S1), trafic moyen (S2) et trafic fort (S3). Les différents niveaux de trafic, calculés en nombre de véhicules par jour dans les deux sens de circulation, font référence ici à ceux existant sur la route avant que l'autoroute ne soit mise en service. Ils correspondraient dans la pratique aux résultats de l'étude de trafic pratiquée en amont pour évaluer la rentabilité du projet.

⁵⁹ **Tableau 53. Les trois scénarios de référence** ne nous compte cette valeur résiduelle, cela ne revient pas remettre en cause les conclusions des analyses.

Longueur Niveau trafic	Route > Autoroute
Trafic faible 7 000 véh/j	S1
Trafic moyen 12 000 véh/j	S2
Trafic élevé 17 000 véh/j	S3

Par ailleurs, nous avons choisi de ne considérer qu'une situation de projet caractérisée par une longueur de tracé de l'autoroute inférieure à celle de la route nationale, ce qui est le cas de figure le plus souvent rencontré sur le réseau routier français pour les liaisons entre deux villes.

1.2.2. Les hypothèses communes aux trois scénarios de référence

Les hypothèses sont pour la plupart d'entre elles fondées sur des valeurs rencontrées et/ou utilisées dans des études ou travaux, certaines sont purement théoriques.

Chaque scénario est construit à partir des hypothèses suivantes :

Tableau 54. Hypothèses communes aux scénarios de référence (1)

Variables	Unités
Route	
Longueur de l'itinéraire	110 km
Capacité de la route	1 730 uvp/h
Vitesse limite VP	90 km/h
Vitesse limite PL	80 km/h
Pourcentage de PL/Trafic total	15 %
Pourcentage de VP Diesel/Trafic VP	40 %
Autoroute	
Longueur de tracé du projet	90 km
Capacité de l'autoroute	3 460 uvp/h
Vitesse limite VP	130 km/h
Vitesse limite PL	90 km/h

- Concernant les hypothèses liées à la route.
 - La capacité de la route est celle observée sur ce type de route : route nationale, 7m (SETRA).
 - Les vitesses réglementaires sont celles inscrites dans le code de la route. La vitesse des PL est une moyenne des différentes vitesses réglementaires en fonction du nombre d'essieux des PL.
 - Le pourcentage de PL par rapport au trafic total (en véhicule/jour) est une valeur moyenne observée sur ce type d'infrastructure (CERTU/SYSTRAN, 2001).
 - Le pourcentage de VP diesel par rapport au trafic VP est une valeur construite.

Les données sont différentes selon le parc considéré, statique ou dynamique. Le compte des transports (Ministère des Transports, 2006) donne un pourcentage de VP diesel par rapport au parc automobile (en unité) de 34,6 % pour l'année 2000, mais de 47,5 % par rapport à la circulation routière (en véhicules.kilomètres). Par rapport à cela, nous avons choisi de prendre comme donnée une répartition de 40 % de VP diesel (en unité représentant également 40 % de la circulation routière).

- Concernant les hypothèses liées à l'autoroute.
 - La capacité de l'autoroute de celle observée sur ce type d'infrastructure : autoroute, 2x2 voies (SETRA).
 - Les vitesses réglementaires sont celles inscrites dans le code de la route. La vitesse des PL est une moyenne des différentes vitesses réglementaires en fonction du nombre d'essieux des PL.

Tableau 55. Hypothèses communes aux scénarios de référence (2)

Variables	Unités
Coûts	
Coût de construction (HT)	4,41 M€/km
Hypothèses macro-économiques	
Évolution du PIB	1,9 %/an
Évolution de la CFM/t	1,6 %/an
Hypothèse de croissance des trafics	
Taux de croissance du trafic voyageur	1,8 %
Taux de croissance du trafic marchandise	1,5 %
Hypothèses temporelles	
Année de référence et d'étude	2000
Année d'actualisation	2004
Année de mise en service	2005
Durée de concession	30 ans
Taux d'actualisation	4 %

- Concernant les coûts de construction.

La valeur est issue de l'appendice 1 du Compte Nationale du Transport de Voyageurs (CERTU, SYSTRA, 2001). La valeur correspond à un coût hors taxes de construction moyen d'un km d'autoroute concédée. Elle a été actualisée à l'année 2000 à partir de l'indice des coûts à la construction.

- Concernant les hypothèses macro-économiques et de croissance des trafics.

Le taux de croissance du PIB et de la consommation des ménages correspondent aux

hypothèses moyennes retenues par les services de l'État pour réaliser les prévisions de trafic (DAEI/SES, 2004).

Par ailleurs, les taux de croissance des trafics sont considérés identiques sur les deux infrastructures. Les hypothèses de croissance selon le rapport DAEI/SES sont différentes selon le type d'infrastructure (route ou autoroute concédée), mais nous avons choisi de ne pas les différencier puisque dans le cadre de l'outil, nous avons uniquement un trafic entre un point A et un point B, qui correspond à une demande effective entre ces deux points. Par ailleurs, le trafic est supposé homogène tant dans sa répartition (entre A et B et entre les sens de circulation) que dans sa composition (VP/PL et VP essence/diesel).

- Concernant les hypothèses temporelles.
 - L'année de référence de l'étude correspond à l'année de référence des valeurs tutélaires, l'année 2000.
 - L'année de mise en service est purement théorique. Dans la pratique, la durée entre le débat sur l'intérêt du projet, l'élaboration du tracé, les différentes études, l'enquête publique, le décret d'application, la construction et la mise en service de l'autoroute s'étend sur une dizaine d'années (en simplifiant, 5 ans de procédure plus 5 ans de travaux).
 - La durée de concession est de 30 ans. Cette durée correspond à la durée minimale des concessions des autoroutes (George, 1991). Par ailleurs, les hypothèses sur les prévisions de trafic au-delà de 2025 sont assez incertaines⁶⁰. Nous avons donc pris une durée de concession assez courte pour réduire la variabilité des résultats de nos simulations.
 - Le taux d'actualisation est le taux officiel. Il est de 4 % jusqu'en 2034, de 3,5 % après jusqu'en 2054 et de 3 % au-delà (Ministère des Transports, 2004/2005).

Par ailleurs, les valeurs tutélaires utilisées dans les trois scénarios de référence sont celles que nous avons déjà présentées. Nous les rappelons ici.

Tableau 56. Valeurs tutélaires communes aux scénarios de référence

⁶⁰ L'instruction recommande pour 2025 à 2050 de retenir pour chacune des classes de distance, des taux équivalents aux 2/3 des taux pour la période 2002-2025. Cette évolution s'appuie sur les premiers éléments dégagés par un groupe de travail réuni dans le cadre du PREDIT sur des prévisions à l'horizon 2050. Les principales hypothèses sont une croissance géométrique du PIB voisine de 1,5 % par an et une évolution des prix du pétrole conduisant à près de 90 dollars le baril. Au-delà de 2050, il n'y a pas de prévisions macro-économiques. Toutefois l'instruction recommande de retenir pour chacune des classes de distance, des taux équivalents à 50% des taux appliqués jusqu'en 2025.

Valeurs 2000	Unités en €
Valeurs de la vie humaine	
Tué	1 000 000 €
Blessé grave	150 000 €
Blessé léger	22 000 €
Valeurs de la pollution atmosphérique	
VP	0,10 €/100 véh.km
PL	0,60 €/100 veh.km
Valeur de la tonne de carbone	
Essence	0,0654 €/litre
Diesel	0,0727 €/litre
Valeurs du temps	
VP	0,0304 € *d + 15,39 €
PL	31,4 € + 6,75 €

Source : (Instruction, 2004/2005)

2. L'influence relative des variables de calcul sur le bénéfice net actualisé pour la collectivité

Les résultats que nous présentons par la suite sont à prendre avec précautions. En effet les résultats de rentabilité socio-économique sont peu ou prou conditionnés par les hypothèses de départ. Les valeurs des élasticités sont donc aussi influencées par ces hypothèses. Mais, nous le rappelons ici, le but de l'analyse n'est pas de définir précisément des valeurs aux élasticités, mais de disposer d'ordres de grandeur qui permettent de regarder le poids relatif de chaque variable étudiée et ainsi de les hiérarchiser entre elles (par le biais de ces élasticités issues des mêmes hypothèses de départ) pour voir où se situent les enjeux.

Pour chaque scénario de référence et pour chaque variable étudiée nous présentons :

- un tableau indiquant la relation de cause à effet qui lie le bénéfice et les niveaux de trafic à la variable étudiée. Cette relation sera nécessaire pour interpréter les résultats des élasticités qui sont donnés en valeur absolue ;
- un tableau affichant les élasticités du bénéfice à la variable étudiée selon les différents scénarios de référence.

Les détails des résultats et des bilans sont disponibles sur le Cd-rom dans le dossier 'Annexes/Chapitre IV-2'.

2.1. La sensibilité du bénéfice aux variables situées en amont du

calcul économique

Dans un premier temps, nous nous intéressons à la sensibilité du bénéfice aux variables que nous situons en amont du calcul économique. Contrairement aux valeurs tutélaires qui sont des valeurs normalisées pour être intégrées aux calculs de rentabilité de projet, ces variables sont extérieures au processus de production du calcul économique. Nous les avons classées en différentes catégories. Il y a les variables liées au niveau de service offert, celles liées aux coûts du projet, celles liées à l'affectation des trafics et celles liées au contexte macro-économique.

2.1.1. Les variables du niveau de service offert

Cette première série de variables prend en compte les niveaux de service offerts par les différents itinéraires de transport en concurrence. Ces variables sont décisives. En jouant sur le niveau de congestion, elles influencent les temps de parcours et donc les avantages relatifs offerts par le projet. Parmi ces variables nous regardons plus particulièrement la longueur de tracé du projet, le niveau de trafic existant à l'année d'étude et les vitesses autorisées (VP, PL) sur les deux itinéraires.

a) La longueur de tracé du projet

L'Avant Projet Sommaire d'un aménagement permet d'en définir les principales caractéristiques et d'en estimer le budget pour une prise de décision sur la suite à donner au projet. Dans le cadre d'un projet d'infrastructure autoroutière, l'étude préliminaire à l'APS permet de définir une bande d'environ un kilomètre de largeur dans laquelle sera inscrite l'infrastructure. Par la suite, dans l'APS, la bande est réduite à une largeur de 300 m. Tout au long de ces procédures, des variantes sont également examinées avant que la bande de tracé soit définitivement arrêtée. Comme nous allons le voir, le choix de la bande de tracé n'est pas neutre vis-à-vis de la rentabilité du projet.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Longueur de tracé du projet	▲	▼	▲	▼
	▼	▲	▼	▲

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 57. Impact d'une variation de la longueur de tracé du projet sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Longueur de tracé du projet	6,9	4,5	3,7

Tableau 58. Sensibilité du bénéfice à la longueur de tracé du projet selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (1)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence ‘Trafic moyen’, une augmentation de 1 % de la longueur de tracé du projet entraînerait une diminution de 4,5 % du bénéfice actualisé pour la collectivité. À l’inverse, une diminution de 1 % de la longueur entraînerait une hausse de 4,5 % du bénéfice.

La longueur a un effet direct et indirect sur un grand nombre de variables (coût de construction, dépenses d’entretien et d’exploitation, coût de circulation, valeur du temps voyageurs). C’est ce qui explique le niveau élevé des élasticités.

L’effet d’une variation de la longueur du tracé a principalement un impact sur les bilans des usagers de la route. En faisant varier la longueur du projet, les coûts de circulation sont considérablement abaissés/augmentés du fait d’une modification des temps de parcours et des frais de fonctionnement des véhicules. Le bilan des usagers VP est particulièrement touché, la valeur du temps étant fonction de la longueur. L’importance du surplus des usagers dans le bénéfice explique en grande partie le degré d’impact de la longueur sur les résultats.

En regardant le bilan coûts-avantages pour la collectivité donné en annexe, nous pouvons voir par ailleurs que :

- en ce qui concerne les usagers PL, ils sont également les gagnants/perdants d’une variation de la longueur. Comme pour les usagers VP, ce sont les gains de temps et les frais de fonctionnement qui sont les postes les plus concernés par un allongement ou une réduction de la longueur.
- en ce qui concerne la puissance publique, ce sont les recettes fiscales sur les frais de carburant et de fonctionnement qui varient le plus. Les gains de sécurité routière baissent dans le cas d’un allongement du trajet du fait qu’il y a moins de trafic détourné sur l’autoroute et moins de trafic induit. À l’inverse les gains de sécurité routière augmentent en cas d’une réduction de la longueur du trajet, le trafic détourné vers l’autoroute et le trafic induit étant plus important.
- en ce qui concerne les nuisances environnementales et plus particulièrement l’effet de serre, le coût est moins élevé dans le cas d’une baisse ou d’une hausse de la longueur : les émissions de carbone baissent dans les deux cas. La baisse du coût est toutefois moins importante en cas d’une augmentation de la longueur. Il y a en fait un jeu de compensation qui s’effectue par le biais du croisement des effets des variables ‘Longueur – Niveau de trafic sur route et autoroute (dont induit) – Vitesses’ et qui explique ces résultats.

b) Le niveau de trafic existant à l’année d’étude

« *L’élément majeur du processus d’évaluation, mais en même temps celui dont la fragilité a les plus lourdes conséquences, est la prévision des trafics.* (CGP, 1994) » Cette phrase issue du premier rapport Boiteux résume parfaitement l’importance de la détermination du

niveau de trafic et des prévisions de sa croissance dans les rentabilités socio-économiques de projets d'infrastructures de transport.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Niveau de trafic existant à l'année d'étude	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 59. Impact d'une variation du niveau de trafic existant à l'année d'étude sur le bénéfice et le trafic

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Niveau de trafic existant à l'année d'étude	2,0	1,5	1,4

Tableau 60. Sensibilité du bénéfice au niveau de trafic existant à l'année d'étude du projet selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (2)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une sur-estimation de 1 % du niveau de trafic à l'année d'étude entraînerait une baisse de 1,5 % du bénéfice actualisé pour la collectivité. À l'inverse une sous estimation de 1 % du niveau de trafic entraînerait une hausse de 1,5 % du bénéfice.

Le trafic existant à l'année d'étude est un élément clef de la rentabilité d'un projet. Un projet de transport s'appuie, pour être légitimé, essentiellement sur le niveau de trafic captif. Cela se caractérise par une élasticité forte et met l'accent sur l'impact d'une étude de trafic qui aurait été mal réalisée. Une sous ou sur-estimation du trafic ne serait pas neutre vis-à-vis de la rentabilité socio-économique d'un projet.

Si nous regardons de plus près le bilan coûts-avantages pour la collectivité donné en annexe nous nous apercevons que, d'une manière générale, chaque agent voit son bilan augmenté ou diminué dans les mêmes proportions que la variation du niveau de trafic. Les gains de sécurité routière et les coûts liés à l'effet de serre suivent également ces variations.

c) Les vitesses sur les différents itinéraires

La vitesse sur les routes françaises est depuis quelques années au centre des débats. Cela a commencé avec les préconisations de l'ADEME d'abaisser les vitesses pour réduire la consommation de carburant et par conséquent les émissions de polluant, notamment celles liées à l'effet de serre. Puis nous avons assisté à l'émergence des préoccupations de sécurité routière depuis que la puissance publique a décidé de faire baisser sensiblement le nombre de morts sur les routes. La mise en place des radars

automatiques, le renforcement des contrôles par les forces de l'ordre, etc., ont eu comme effet de faire baisser la vitesse. Quel est l'impact de ces variables sur le bénéfice socio-économique ? Nous regardons successivement la sensibilité du bénéfice à une variation des vitesses sur la route, sur l'autoroute et sur les deux infrastructures.

i) Les vitesses sur route

La vitesse des véhicules est l'un des paramètres les plus importants dans le calcul de rentabilité socio-économique du fait qu'elle détermine en grande partie les coûts de circulation et les gains de temps. En modifiant les vitesses, les temps de parcours varient ainsi que les frais de fonctionnement et notamment les frais de carburant. Or ces coûts de circulation déterminent la répartition entre les deux itinéraires et donc le niveau du bénéfice.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Vitesses sur route (VP/PL)	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼	▼ ▲

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 61. Impact d'une variation de la vitesse sur route sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Vitesses sur route	4,0	2,8	2,4

Tableau 62. Sensibilité du bénéfice à la vitesse sur route selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (3)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une baisse de 1 % des vitesses sur la route entraînerait une augmentation de 2,8 % du bénéfice actualisé pour la collectivité. À l'inverse, une augmentation de 1 % des vitesses entraînerait une baisse de 2,8 % du bénéfice.

En regardant le bilan coûts-avantages pour la collectivité donné en annexe, nous pouvons voir que :

- en ce qui concerne les usagers VP, les gains de temps sont moins importants dans le cas d'une hausse des vitesses car le trafic restant sur la route est plus important. Par ailleurs les frais de fonctionnement diminuent (moins de véhicules.kilomètres parcourus et moins de consommation de carburant). À l'inverse lorsque les vitesses baissent, le trafic détourné vers l'autoroute et le trafic induit sont plus importants.
- en ce qui concerne les usagers PL, même constat, les gains de temps diminuent ainsi que les frais de fonctionnement en cas de vitesses plus élevées. Inversement en cas

de vitesses plus faibles.

- en ce qui concerne la puissance publique, les recettes fiscales sur les consommations de carburant est le poste le plus concerné par une variation des vitesses. Pour les gains de sécurité routière, ils sont sensibles aux trafics détournés et induits vers l'autoroute qui est moins accidentogène que la route. Donc en cas de vitesses plus élevées sur la route, les gains de sécurité baissent et inversement, ils augmentent lorsque les vitesses baissent.
- en ce qui concerne les nuisances environnementales et plus particulièrement l'effet de serre, le coût augmente en cas de vitesses sur route moins grandes. Cela génère un trafic global sur autoroute plus important. Par conséquent les consommations de carburant sont beaucoup plus élevées ainsi que les émissions. A l'inverse, en cas de hausse des vitesses, le trafic global est moins important, les émissions aussi. De plus les usagers privilégient l'itinéraire routier, moins consommateur de carburant.

ii) Les vitesses sur autoroute

Une des principales caractéristiques de l'autoroute est de permettre aux usagers de rouler à des vitesses plus grandes. C'est ce qui explique en partie que les usagers choisissent cette infrastructure plutôt que la route, puisque pouvoir rouler plus vite c'est pouvoir gagner du temps par rapport à un autre itinéraire où la vitesse autorisée est moins grande. Sachant que les gains de temps procurés par le surcroît de vitesse sur autoroute par rapport à la route sont à la base de la rentabilité d'un projet, quel serait l'impact d'une variation des vitesses sur le bénéfice ?

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Vitesses sur autoroute (VP/PL)	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▼ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 63. Impact d'une variation de la vitesse sur autoroute sur le bénéfice et le trafic

Lorsque la vitesse sur autoroute augmente, paradoxalement, le trafic autoroutier baisse car, bien qu'il y ait plus de trafic détourné de la route vers l'autoroute, il y a beaucoup moins de trafic induit. Au final le niveau global de trafic sur autoroute est moins important par rapport au scénario de référence. Cette baisse du trafic induit est due à l'augmentation des frais de carburant qui diminue le rapport du différentiel entre les coûts de circulation de la route et l'autoroute. Le projet induit moins de trafic. C'est ce qui explique les relations entre les variables présentées dans le tableau.

Élasticité apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Vitesses sur autoroute	0,9	0,6	0,5

Tableau 64. Sensibilité du bénéfice à la vitesse sur autoroute selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (4)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence ‘Trafic moyen’, une baisse de 1 % des vitesses sur autoroute entraînerait une diminution de 0,6 % du bénéfice actualisé pour la collectivité. À l’inverse, une hausse des vitesses de 1 % entraînerait une augmentation de 0,6 % du bénéfice.

Nous nous trouvons, avec cette variable, devant des résultats qui ont besoin d’explication. En effet, il paraît étonnant qu’une variation de la vitesse sur autoroute ait aussi peu d’impact sur le bénéfice. Nous pouvons expliquer cette faiblesse des élasticité. Le résultat des élasticité est une moyenne des deux variations (+/-). Or ici la sensibilité du bénéfice est forte à la baisse des vitesses (-10,5 %), mais très peu à la hausse (+2,0 %), ce qui atténue la valeur de l’élasticité.

Cela s’explique en partie par le fait que les usagers roulent à la vitesse calculée par le modèle d’affectation qui part des vitesses réglementaires pour les calculs. À la hausse, le modèle exclut la possibilité pour les usagers de rouler moins vite. Le report des usagers de la route vers l’autoroute que nous pouvions attendre est donc moins important. De plus l’augmentation des gains de temps engendrés par la hausse des vitesses pour les usagers qui choisissent l’autoroute sont plus que compensés par la hausse des frais de fonctionnement des véhicules, notamment ceux de carburant. L’impact de la hausse de la vitesse sur le bénéfice est donc atténué. Par ailleurs, en cas de hausse ou de baisse des vitesses, le trafic induit est moins important. Dans les deux cas les coûts de circulation comparés au scénario de référence sont moins avantageux.

En regardant le bilan coûts-avantages pour la collectivité donné en annexe, nous pouvons voir que :

- en ce qui concerne les usagers VP, ils ont un avantage inférieur dans les deux cas. La hausse des vitesses augmente les gains de temps, mais ceux-ci sont largement contrebalancés par l’augmentation des frais de fonctionnement des véhicules. Cela provient du surcoût de frais de carburant qu’engendre la surconsommation des véhicules roulant à des vitesses supérieures. À l’inverse avec une baisse des vitesses, la baisse des frais de carburant ne comble pas la perte des gains de temps.
- en ce qui concerne les usagers PL, ils ont un avantage supérieur en cas de hausse de leur vitesse (gain de temps supérieur) et inférieur à l’inverse (gain de temps moins important). Le surcoût engendré par la surconsommation de carburant en cas de hausse des vitesses n’a pas d’impact significatif sur leur bilan.
- en ce qui concerne la puissance publique, c’est le grand gagnant/perdant d’une

variation des vitesses sur autoroute. À la hausse, elle voit ses recettes fiscales augmentées grâce à l'augmentation des recettes fiscales sur l'achat de carburant. À l'inverse, ses recettes fiscales baissent en cas de vitesses moins élevées. Concernant les gains de sécurité routière, ils baissent dans les deux cas du fait qu'il y a moins de trafic total (détourné et/ou induit).

en ce qui concerne les nuisances environnementales et plus particulièrement l'effet de serre, son coût augmente considérablement dans le cas de vitesses supérieures et à l'inverse celui-ci baisse de moitié en cas de vitesses inférieures.

iii) Les vitesses sur l'ensemble des réseaux

Imaginons maintenant que les vitesses varient à la fois sur la route et sur l'autoroute.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Vitesses sur les réseaux (VP/PL)	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼	▼ ▲

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 65. Impact d'une variation de la vitesse des réseaux sur le bénéfice et le trafic

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Vitesses sur les réseaux	3,1	2,1	1,8

Tableau 66. Sensibilité du bénéfice aux vitesses sur les réseaux selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (5)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une baisse de 1 % des vitesses sur le réseau entraînerait une augmentation de 2,1 % du bénéfice actualisé pour la collectivité. À l'inverse, une hausse des vitesses de 1 % entraînerait une diminution de 2,1 % du bénéfice.

Une baisse des vitesses engendre une baisse des frais de fonctionnement, notamment sur l'autoroute (baisse des frais de carburant). L'affectation du trafic va jouer en faveur de l'autoroute. Une plus grande part du trafic va donc se retrouver sur cet itinéraire. Il y a également une plus grande induction de trafic. Les gains de temps augmentent. Au final, le bénéfice pour la collectivité augmente.

À l'inverse une hausse des vitesses, toujours selon l'hypothèse que les usagers roulent à la vitesse calculée à partir des vitesses réglementaires, engendre une hausse des frais de fonctionnement à l'avantage de la route. Il y aura au final moins de trafic total sur autoroute (détourné et/ou induit). Les gains de temps baissent. Au final le bénéfice est moins élevé.

En regardant le détail du bilan coûts-avantages pour la collectivité, nous voyons que ce sont les bilans des usagers qui enregistrent les plus fortes variations relatives et absolues. Quant aux coûts liés à l'effet de serre, ils baissent en cas de vitesses moins grandes et à l'inverse ils augmentent en cas de vitesses supérieures. Cela s'explique par le lien entre la consommation de carburant et les vitesses. Des vitesses moins élevées engendrent moins de consommations et par conséquent moins d'émission de carbone et inversement.

Ces résultats sont contre-intuitifs puisqu'en replaçant ces résultats dans le contexte actuel, cela signifierait qu'en poursuivant sa politique en faveur de la sécurité routière qui tend à faire baisser les vitesses sur les réseaux, la collectivité agirait d'une manière économiquement justifiée, tout en ayant des gains plus importants en matière de sécurité routière et des émissions de carbone moins élevées (?). Nous reviendrons sur ce point qui mérite toute notre attention dans la dernière partie de ce chapitre.

2.1.2. Les variables de coûts du projet

La deuxième série de variables à laquelle nous nous intéressons concerne les coûts du projet. La première variable est le coût d'investissement du projet et la deuxième, les dépenses d'exploitation et d'entretien.

a) Le coût d'investissement du projet

Étant donné le niveau de connaissance et d'expérience en matière de construction, le coût d'investissement est, en général, une donnée qui peut être estimée, sans grande difficulté, de façon précise. Néanmoins, des risques de dérive des coûts peuvent exister. Un programme de recherche sur l'harmonisation des approches européennes sur les coûts des transports et les évaluations de projet, baptisé HEATCO⁶¹, a récemment établi, sur la base d'observations de différents projets, qu'une majoration des coûts de construction de 22 % devait être prise en compte dans les évaluations. Une telle variation aurait un impact non négligeable sur les résultats de rentabilité socio-économique.

Variation	Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Coût d'investissement du projet	▲ ▼	- -	- -

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 67. Impact d'une variation du coût d'investissement sur le bénéfice et le trafic

⁶¹ Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Informations et données disponibles sur : <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de> (consulté le 10 janvier 2007)

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Coût d'investissement	0,7	0,3	0,2

Tableau 68. Sensibilité du bénéfice au coût d'investissement selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (6)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une baisse de 1 % du coût d'investissement entraînerait une augmentation de 0,3 % du bénéfice. À l'inverse, une augmentation de 1 % du coût d'investissement entraînerait une baisse de 0,3 % du bénéfice. Une majoration du coût d'investissement de 22% entraînerait une baisse du bénéfice de 6,6%, ce qui est non négligeable.

Plus le niveau de trafic existant à l'année d'étude est faible et plus le bénéfice est sensible à une variation du coût d'investissement. Cela peut s'expliquer très simplement par le fait que dans le cas d'un trafic moyen ou fort, le niveau de trafic détourné sur l'autoroute vient compenser, par le biais des avantages qu'il génère, la perte de bénéfice qu'engendre une hausse du coût d'investissement.

b) Les dépenses d'entretien et d'exploitation

Les dépenses d'entretien, d'exploitation et les grosses réparations sont des coûts qui viennent limiter l'excédent brut d'exploitation du concessionnaire, mais également le bilan pour la collectivité, mais leur poids dans la détermination du bénéfice pour la collectivité est limité. Dans les instructions, les valeurs sont liées directement à la longueur de km d'autoroute exploitée.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Dépenses d'entretien et d'exploitation	▲ ▼	▼ ▲	- -	- -

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 69. Impact d'une variation des dépenses d'entretien et d'exploitation sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Dépenses d'entretien et d'exploitation	0,3	0,1	0,1

Tableau 70. Sensibilité du bénéfice aux dépenses d'entretien et d'exploitation selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (7)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une augmentation de 1 % des dépenses d'exploitation entraînerait une baisse de 0,1 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution des dépenses d'exploitation de 1 % entraînerait une hausse de 0,1 % du bénéfice.

2.1.3. Les variables liées à l'affectation du trafic

Les calculs de rentabilité reposent avant tout sur le modèle de trafic qui détermine la répartition du trafic sur les itinéraires en concurrence. Les calculs s'effectuent avec les coûts de circulation des différents itinéraires. La loi d'affectation du trafic utilisée par la Direction des Routes, ou loi d'Abraham, repose sur deux éléments : l'exposant du rapport des coûts et les coûts de circulation eux-mêmes. Nous regarderons successivement ces deux éléments.

a) La loi d'affectation du trafic

En 1994, le rapport du Commissariat Général du Plan (CGP, 1994) revient dans son annexe 1 sur l'évaluation des projets routiers. Dans cette partie, le rapport aborde le processus de génération et d'affectation des trafics, notamment avec le logiciel ARIANE qui utilise la loi d'affectation du trafic, que nous avons présentée dans le chapitre trois*.

*Note : Pour rappel : trafic total de la relation origine-destination, t1 et t2 sont les trafics à attribuer aux deux itinéraires, c1 et c2 sont les coûts de circulation sur ces itinéraires.

$$\frac{t_1}{t_2} = \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^{10}; t_1 + t_2 = T$$

Le rapport fait allusion à une étude (DRCR, 1980) qui avait montré que la formule retenue pour l'affectation du trafic résultait d'une simplification dont la pertinence était douteuse. L'étude citée expliquait que l'exposant à retenir pour l'application de la loi d'affectation était non de 10, comme actuellement, mais de 20 lorsque les deux itinéraires en concurrence étaient deux routes nationales de même nature et de 8 lorsqu'une route était en concurrence avec une autoroute.

Le but ici n'est pas de redonner une valeur à l'exposant, qui, par ailleurs, est depuis longtemps fixée à 10 et utilisée comme telle, mais de montrer l'impact que peut avoir une variation de celui-ci sur le niveau de trafic détourné vers l'autoroute. Cela permet de mettre en lumière le fait que les modèles de trafic, et notamment la loi d'affectation du trafic utilisée par la Direction des Routes, peuvent être très sensibles aux paramètres pris en compte et que les évaluations sont construites à partir d'une multitude de paramètres, soumis à des variations potentielles.

Nous avons repris nos trois scénarios de référence et nous avons analysé pour chacun d'entre eux l'impact sur le bénéfice que peut avoir une valeur de l'exposant

différente. Nous avons pris la valeur de 8 pour tester la sensibilité. Ce ne sont plus des élasticités qui sont présentés mais des variations en pourcentage.

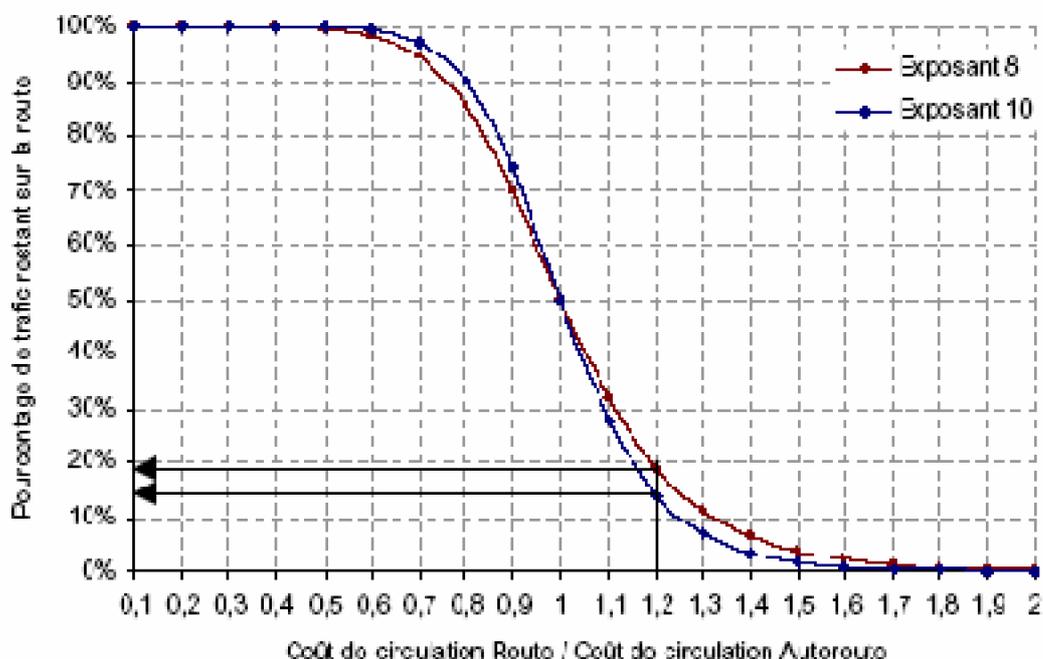


Figure 28. Loi d'affectation du trafic, valeur de l'exposant et répartition du trafic

En règle générale, les coûts de circulation sur la route sont supérieurs à ceux de l'autoroute. Ainsi, pour un rapport des coûts de circulation, supérieur à 1, le niveau de trafic restant sur la route est plus élevé avec un exposant plus faible.

Variation en %	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Exposant affectation du trafic 10 → 8	-8,7	-5,8	-4,7

Tableau 71. Sensibilité du bénéfice à l'exposant de la loi d'affectation du trafic selon les trois scénarios (valeur de l'exposant passant de 10 à 8)

Source : SIMECO – Annexe (8)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', le passage à une valeur de l'exposant à 8 diminue de 5,8 % le bénéfice actualisé pour la collectivité.

Plus le trafic existant à l'année d'étude est faible et plus l'impact d'une valeur inférieure de l'exposant est grand sur le bénéfice. L'exposant n'a aucun impact sur le trafic induit. Par contre en déterminant le trafic restant sur la route, il conditionne fortement les résultats.

b) Les variables des coûts de circulation

Le rapport de la cour des comptes (Cours des comptes, 1999) nous fait remarquer, à propos des variables qui composent les coûts de circulation, que : « *certaines paramètres pris en compte comme la variation des frais de fonctionnement des véhicules (entretien courant, pneumatique, lubrifiant, consommation de carburant, dépréciation des véhicules) conduisent à valoriser des éléments qui, du moins pour les véhicules légers, ne paraissent pas constituer pour l'usager un critère de décision d'utiliser l'infrastructure. Comme l'indique le rapport du Commissariat Général du Plan sur le choix des investissements dans les transports, le différentiel des frais de fonctionnement kilométriques pour les utilisateurs est, au demeurant négatif, à de rares exemptions près, le surcroît de vitesse entraînant un surcroît de consommation de carburant.* »

Nous avons donc ici des variables qui, dans la pratique, ne vont avoir que très peu d'effet sur le comportement des usagers dans le choix de leur itinéraire et par conséquent sur les résultats socio-économiques, mais qui, en théorie, avec la loi d'affectation du trafic, lorsque nous les faisons varier, entraînent des hausses ou baisses de trafic et par conséquent des variations du bénéfice. Ces variations sont-elles importantes par rapport à celles entraînées par les autres variables ?

i) Le coût de circulation des voitures particulières

Nous présentons les valeurs du temps dans la partie sur les valeurs tutélaires.

Variation des variables		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Frais de fonctionnement	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲
Carburant	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼	▼ ▲
Malus d'inconfort	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼
Péage	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼	▼ ▲

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 72. Impact d'une variation des composantes du coût de circulation VP sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes		Bénéfice pour la collectivité		
	Voiture Particulière	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Coût de circulation VP (hors valeur du temps)	Frais de fonctionnement	0,12	0,08	0,07
	Carburant	0,22	0,15	0,12
	Malus d'inconfort	0,52	0,36	0,31
	Péage	0,31	0,21	0,18

Tableau 73. Sensibilité du bénéfice aux composantes du coût de circulation VP selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (9)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une augmentation de 1 % du tarif de péage entraînerait une baisse de 0,21 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution de 1 % du tarif de péage entraînerait une hausse de 0,21 % du bénéfice.

- Le malus d'inconfort, après les valeurs du temps voyageurs, est la deuxième variable clef des coûts de circulation en termes d'impacts. Le malus affecte uniquement les coûts de circulation sur la route. Par conséquent en venant influencer la répartition du trafic par une augmentation du rapport des coûts de circulation au profit de l'autoroute, le malus influence le bénéfice.
- Le tarif de péage est aussi une variable importante. Le choix du niveau du tarif de péage n'est pas neutre vis-à-vis de la rentabilité, d'une part pour le concessionnaire, et d'autre part pour la collectivité.

Ces élasticités aux tarifs de péages sont dans la fourchette des élasticités moyennes retenues lors des analyses de sensibilité des études de projets par les services de l'État. En effet le rapport d'audit (CGPC, Inspection des Finances, 2003) précise que les élasticités du trafic au péage habituellement retenues, telles qu'elles résultent du modèle d'affectation des trafics entre itinéraires concurrents, sont de l'ordre de -0,3.

Ces élasticités sont généralement admises sur l'ensemble du réseau autoroutier prenant en considération les dernières sections mises en service ayant un trafic à l'ouverture du même ordre de grandeur que dans nos scénarios. Il indique également qu'elles sont d'autant plus faibles que la qualité de service sur le réseau adjacent est mauvaise et que les itinéraires alternatifs ne sont pas nombreux, ce qui est ici le cas.

- Une variation des frais de carburant n'a qu'un impact relatif limité sur le bénéfice.
- Une variation des frais de fonctionnement n'influence que très peu les résultats.

ii) Le coût de circulation des poids lourds

Nous présenterons les valeurs du temps marchandise dans la partie sur les valeurs tutélaires.

Variation des variables		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Frais de fonctionnement	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼
Carburant	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼
Péage	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼	▼ ▲

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 74. Impact d'une variation des composantes du coût de circulation PL sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes		Bénéfice pour la collectivité		
		Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Coût de circulation PL. (hors valeur du temps)	Poids lourds			
	Frais de fonctionnement	0,04	0,03	0,02
	Carburant	0,03	0,02	0,02
	Péage	0,12	0,08	0,06

Tableau 75. Sensibilité du bénéfice aux composantes du coût de circulation PL selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (10)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une augmentation de 1 % du tarif de péage entraînerait une baisse de 0,08 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution de 1 % du tarif de péage entraînerait une hausse de 0,08 % du bénéfice.

La relative faiblesse des élasticités tient au fait que les PL ne représentent qu'une petite partie du trafic total (l'hypothèse de départ est de 15 %). Le poids des PL en termes d'impacts sur le bénéfice est donc sous représenté par rapport à celui des VP et par rapport à un cas de figure dans lequel leur proportion serait plus importante.

- Les frais de fonctionnement et de carburant ont un impact très limité sur le bénéfice.
- Le tarif de péage est la seule variable qui soit relativement significative, bien que l'élasticité soit également faible.

2.1.4. Les variables macro-économiques

a) Les taux de croissance des trafics voyageurs et marchandises

Le taux de croissance du trafic est une variable de poids dans l'estimation de la rentabilité d'un projet et paradoxalement c'est une variable qui est la plus sujette aux erreurs

d'appréciation. Elle dépend en effet d'un certain nombre de facteurs qui sont indépendants du projet (prix du baril de pétrole (\$), taux de change (€→\$), augmentation du Produit Intérieur Brut, des dépenses de consommation des ménages, etc.).

Les hypothèses de croissance du trafic ont toujours été source d'incertitude. Pourtant comme le rappellent Grandjean et Henry (Grandjean et Henry, 1985) et plus récemment la Cour des Comptes (Cour des Comptes, 1992, 1999) dans ses rapports, le bénéfice actualisé est sensible aux hypothèses de croissance du trafic. Ces auteurs avaient relevé pour différents projets les variations de bénéfice entre les calculs effectués avec les hypothèses de croissances du trafic choisies à l'époque et les taux de croissances du trafic observés.

Variation des variables		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Taux de croissance des trafics	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼
Taux de croissance du trafic voyageurs	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼
Taux de croissance du trafic marchandises	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼	▲ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 76. Impact d'une variation des taux de croissance des trafics sur le bénéfice et le trafic

Les élasticités du bénéfice aux taux de croissance des trafics peuvent paraître faibles, mais il ne faut pas oublier que les élasticités sont calculées ici à partir des variations effectuées sur des taux de croissance, lesquels sont en pourcentage. Or, généralement dans les études de sensibilité conduites lors des évaluations, les résultats sont soumis aux hypothèses basses et hautes de croissance des trafics et celles-ci peuvent varier de plus ou moins 30 % par rapport à l'hypothèse moyenne retenue. Dans ce cas, une sur-estimation ou une sous-estimation du taux de croissance du trafic peut avoir des effets beaucoup plus importants sur la rentabilité d'un projet.

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Taux de croissance des trafics	0,4	0,3	0,3
Taux de croissance du trafic voyageurs	0,4	0,3	0,2
Taux de croissance du trafic marchandises	0,04	0,03	0,03

Tableau 77. Sensibilité du bénéfice aux taux de croissance des trafics selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (11)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une sur-estimation des taux de croissance des trafics de 1 % entraînerait une baisse du bénéfice actualisé de 0,3 %. À l'inverse, une sous-estimation des taux de croissance des trafics de 1 % entraînerait une hausse de 0,3 %.

Par la suite, nous observerons l'impact sur le bénéfice que peuvent avoir des taux de croissance plus contrastés comme ceux des hypothèses qui nous sont données par les études, notamment celles du DAEI/SES sur la demande de transport en 2025 en relation avec différents contextes économiques.

b) Le Taux de croissance de la Consommation Finale des Ménages par tête

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Taux de croissance de la CFM/t	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 78. Impact d'une variation de la CFM/t sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Taux de croissance de la CFM/t	0,4	0,3	0,3

Tableau 79. Sensibilité du bénéfice au taux de croissance de la CFM/T selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (12)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une hausse de 1 % du taux de croissance de la consommation finale des ménagers par tête entraînerait une augmentation de 0,3 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution de 1 % du taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête entraînerait une baisse de 0,3 % du bénéfice.

L'évolution de la CFM/t a de nombreux liens avec d'autres variables. Elle détermine, en effet, l'évolution des valeurs du temps voyageurs, celles de la pollution atmosphérique et celles de la vie humaine. Une variation de son niveau a donc des effets non négligeables sur les résultats.

c) L'évolution des taux de croissance des trafics et du contexte économique

Pris comme simple paramètre arithmétique manipulé par les mécanismes de l'outil, le taux de croissance du Produit Intérieur Brut influe uniquement sur l'importance de l'évolution de la valeur du temps pour les marchandises. Sur ce point son impact très limité.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Taux de croissance du PIB	▲ / ▼	▲ / ▼	▼ / ▲	▲ / ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 80. Impact d'une variation du taux de croissance du PIB sur le bénéfice et le trafic

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Taux de croissance du PIB	0,011	0,008	0,007

Tableau 81 : Sensibilité du bénéfice au taux de croissance du PIB selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (13)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une hausse de 1 % du taux de croissance du PIB entraînerait une augmentation de 0,008 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution de 1 % du taux de croissance du PIB entraînerait une baisse de 0,008 % du bénéfice.

Il ne faut pourtant pas oublier que la croissance du PIB, celle de la consommation des ménages et les taux de croissance des trafics sont liés. D'où la nécessité de mesurer l'impact que peuvent avoir des hypothèses plus contrastées de croissance économique et des trafics.

Nous pouvons faire l'hypothèse que les taux de croissance de la consommation finale des ménages et du PIB évoluent conjointement, même si les évolutions ne sont pas toujours de même niveau (Cf. figure ci-dessous). Sur l'ensemble de la période nous constatons que les périodes d'accélération de la croissance de la consommation finale des ménages correspondent aux phases d'accélération de la croissance du PIB et les périodes de ralentissement de la croissance de la consommation finale des ménages correspondent aux phases de ralentissement de la croissance du PIB. Toutefois la relation n'est pas parfaite.

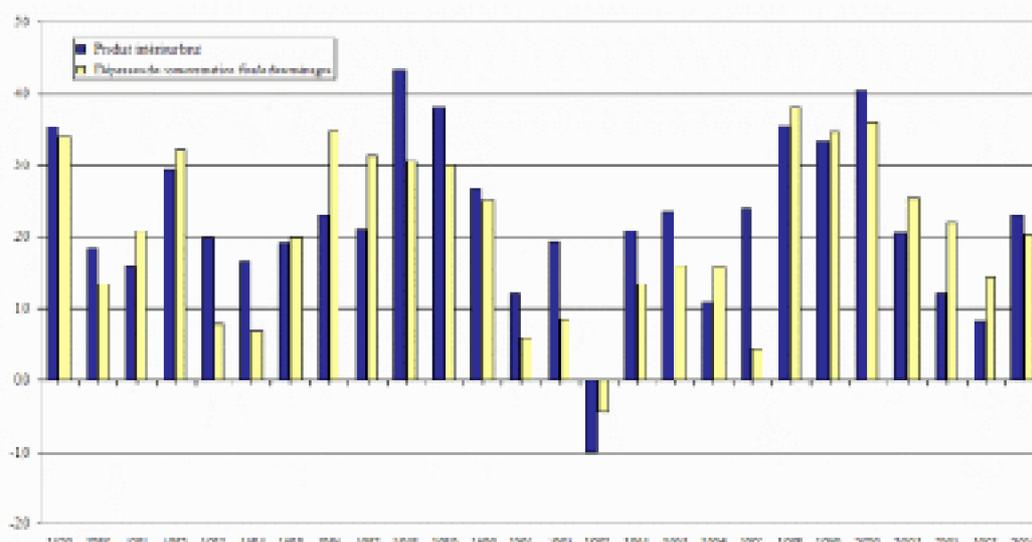


Figure 29. Évolution (%) de la consommation finale des ménages et du PIB en volume ⁶²

Source : INSEE

Les hypothèses d'évolution des trafics en fonction du taux de croissance du PIB et du taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête sont les suivantes :

Tableau 82. Hypothèses de croissance des trafics en fonction du PIB

	Croissance faible	Scénario central	Croissance forte
PIB	1,5 %/an	1,9 %/an	2,3 %/an
CFM/t	1,2 %/an	1,6 %/an	2,0 %/an
Taux de croissance trafic voyageurs	1,4 %	1,8 %	2,3 %
Taux de croissance trafic marchandises	1,2 %/an	1,5 %/an	2,2 %/an

Source : (DAEI/SES, 2004)

Nous prenons ici les hypothèses basses et hautes de l'évolution du PIB sur la période 2002-2025 ainsi que celles de la consommation finale des ménages par têtes. De même nous prenons les taux de croissance des trafics associés à ces hypothèses. Les variations du bénéfice sont en pourcentages.

Tableau 83. Sensibilité du bénéfice au contexte économique selon les trois scénarios

⁶² Prix de l'année précédente, chaînés, base 1995

Variation en %	Bénéfice pour la collectivité					
Variable : PIB/CFM/Taux de croissance du trafic	Trafic faible		Trafic moyen		Trafic élevé	
	Croissance Faible	Croissance Forte	Croissance Faible	Croissance Forte	Croissance Faible	Croissance Forte
	-19,7	24,9	-13,9	17,8	-12,4	16,0

Source : SIMECO – Annexe (14)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', le bénéfice pourrait varier de -13,9 % à +17,8 % selon le contexte économique (PIB et CFM/t).

Ici les résultats sont sans appel, l'impact de la croissance économique et des trafics sur le bénéfice est très fort.

2.1.5. Compte-rendu des élasticités du bénéfice aux variables en amont du calcul économique

L'exercice auquel nous nous sommes livrés en calculant les élasticités du bénéfice aux différentes variables visait deux objectifs. Ceux-ci étaient de mettre en lumière le poids de chaque variable dans la détermination du bénéfice, ce qui apparaît dans le niveau de chaque élasticité, et également de pouvoir hiérarchiser les variables entre elles, par le biais d'un classement du niveau de ces élasticités.

Parmi les variables que nous avons situées être en amont du calcul économique, nous pouvons distinguer plusieurs types :

- les variables extrinsèques au calcul économique. Parmi elles nous pouvons dissocier :
 - les variables qui sont propres à chaque projet : longueur, vitesses (même si les vitesses sont définies par la loi, elles peuvent être différentes d'une infrastructure à une autre bien qu'elles puissent avoir les mêmes caractéristiques techniques (2x2, etc.)), trafic captif, coût d'investissement.
 - les variables qui sont liées au contexte macro-économique : le taux de croissance du PIB, taux de croissance de la consommation finale des ménages, taux de croissance des trafics.
- les variables intrinsèques au calcul économique : ce sont les valeurs unitaires qui permettent de calculer les coûts de circulation (hors valeurs du temps et hors tarifs de péage).

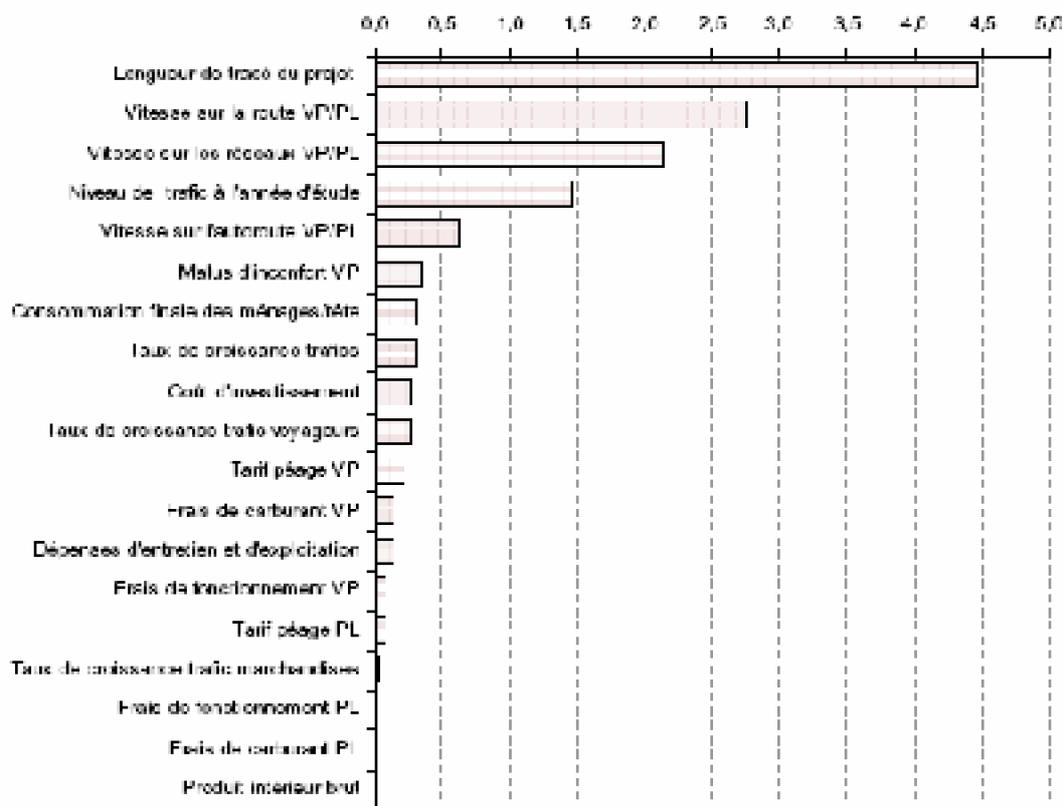


Figure 30. Comparaison des élasticités du bénéfice aux variables en amont du calcul économique

D'un côté, l'analyse des élasticités fait ressortir l'impact relatif très important des variables qui ont trait directement ou indirectement aux temps de parcours. Or les temps de parcours déterminent l'importance des gains de temps procurés par la mise en service de la nouvelle infrastructure. Et ces gains de temps sont à la base de la rentabilité d'un projet. Ainsi, la longueur de tracé du projet, les vitesses sur route et/ou autoroute et le niveau de trafic existant à l'année d'étude sont les variables ayant le plus grand impact sur le bénéfice.

D'un autre côté, l'analyse met en lumière le faible impact relatif de certaines variables. C'est le cas notamment des variables qui composent les coûts de circulation. Le calcul économique tel qu'il est mis en pratique dans les instructions par le biais des méthodes et des valeurs qui y sont proposées n'a que peu d'influence sur le résultat de rentabilité socio-économique.

Intéressons nous maintenant au poids des effets non marchands. Sont-ils aussi importants que ceux de certaines variables que nous venons de voir ?

2.2. La sensibilité du bénéfice aux valeurs tutélaires ou variables au cœur du calcul économique

Intéressons nous maintenant aux variables situées au cœur du calcul économique,

protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

c'est-à-dire aux valeurs tutélaires affectées aux effets non marchands. Ces effets sont monétarisés et leurs valeurs normalisées pour être prises en compte dans les analyses coûts-avantages. Elles sont communes à tous les projets. Nous nous intéressons ici aux valeurs tutélaires relatives aux valeurs du temps, aux valeurs de la vie humaine, aux valeurs de la pollution atmosphérique et à la valeur de la tonne de carbone. Concernant les nuisances sonores, nous avons déjà expliqué les raisons qui nous ont conduit à ne pas les considérer dans le cadre de l'outil.

2.2.1. Les valeurs du temps voyageurs et marchandises

Lorsqu'un itinéraire routier s'engorge, la congestion se mesure en temps perdu dans les embouteillages, d'où provient la rentabilité d'une nouvelle infrastructure qui décongestionne le trajet et les routes des alentours. La mise en place d'un nouvel itinéraire, avec une infrastructure à plus grande capacité et où les vitesses autorisées sont plus élevées, permet aux usagers de bénéficier de temps de parcours plus courts. Ces gains de temps sont un élément majeur évoqué pour légitimer la mise en place d'une infrastructure.

Les gains de temps correspondent aux temps de parcours gagnés que procure le nouvel itinéraire par rapport à l'ancien multiplié par les valeurs du temps et par le nombre de véhicules concernés. Dans les études de rentabilité, ils interviennent dans deux étapes, dans le calcul d'affectation des trafics par le biais des coûts de circulation et dans le calcul des avantages pour les usagers lorsque nous établissons le bilan coûts-avantages actualisé pour la collectivité.

a) Les valeurs du temps des voyageurs

Les valeurs du temps voyageurs sont déterminées en fonction de la longueur du parcours.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Valeurs du temps voyageurs	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 84. Impact d'une variation des valeurs du temps voyageurs sur le bénéfice et le trafic

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Valeurs du temps voyageurs	1,36	0,96	0,85

Tableau 85 : Sensibilité du bénéfice aux valeurs du temps voyageurs selon les trois

scénarios

Source : SIMECO – Annexe (15)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence ‘Trafic moyen’, une diminution de 1 % des valeurs du temps entraînerait une baisse de 0,96 % du bénéfice. À l’inverse, une augmentation de 1 % des valeurs du temps entraînerait une hausse de 0,96 % du bénéfice.

Le niveau des valeurs du temps des voyageurs détermine fortement la rentabilité socio-économique des projets. Nous avons une élasticité proche de 1 avec le scénario S2. En influençant les coûts de circulation, ces valeurs vont jouer sur le niveau de trafics détournés et induits présents sur l’autoroute, par conséquent leur impact sur le bénéfice va être important.

Le débat sur l’importance des valeurs du temps par rapport aux autres valeurs tutélaires est récurrent. Leur poids dans la détermination du bénéfice pose la question du degré de considération que la collectivité accorde aux autres effets non marchands et notamment aux nuisances environnementales. Nous reviendrons sur cette question dans la dernière partie de ce chapitre.

b) La valeur du temps des marchandises

La valeur du temps des marchandises est composée de deux éléments. Le premier est relatif à la valeur des marchandises transportées et le deuxième est relatif au coût horaire d’exploitation des transporteurs. Ce coût est une valeur constante, non indexée sur l’évolution du PIB. Observons quand même quel serait l’impact de la valeur du temps marchandises sur le bénéfice lorsque nous considérons les deux éléments qui la composent.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Valeur du temps marchandises	▲ ▼	▲ ▼	▼ ▲	▲ ▼

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 86. Impact d’une variation de la valeur du temps marchandises sur le bénéfice et le trafic

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Sans coût d’exploitation	0,05	0,04	0,03
Avec coût d’exploitation	0,24	0,17	0,15

Tableau 87. Sensibilité du bénéfice à la valeur du temps marchandises selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (16)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une diminution de 1 % de la valeur du temps entraînerait une baisse de 0,04 % du bénéfice. À l'inverse, une augmentation de 1 % de la valeur du temps entraînerait une hausse de 0,04 % du bénéfice.

Le poids de la valeur du temps en tenant compte uniquement de la valeur des marchandises transportées est peu important. Par contre, une modification de la valeur du temps complète aurait un poids plus conséquent. Par ailleurs, plus la part des PL dans le trafic total sera grande et plus les élasticité seront élevées.

2.2.2. Les valeurs de la vie humaine

Le renforcement de la sécurité est également un argument souvent évoqué pour lancer un projet. Les coûts liés à la sécurité routière sont valorisés par le biais des valeurs de la vie humaine à partir des ratios d'insécurité appliqués à chaque type d'infrastructure. Sur autoroute, ces ratios sont faibles en comparaison de ceux appliqués sur la route. Les gains de sécurité routière trouvent leur origine dans ce différentiel de ratios. Une hausse des valeurs de la vie humaine a pour conséquence d'augmenter les gains de sécurité et par conséquent le bénéfice. Et inversement.

Variation des variables		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Tué	▲	▲	-	-
	▼	▼	-	-
Blessé grave	▲	▲	-	-
	▼	▼	-	-
Blessé léger	▲	▲	-	-
	▼	▼	-	-
Valeurs de la vie humaine	▲	▲	-	-
	▼	▼	-	-

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 88. Impact d'une variation des valeurs de la vie humaine sur le bénéfice

Élasticités apparentes	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Valeurs de la vie humaine			
Valeur Tué	0,25	0,17	0,15
Valeur Blessé grave	0,08	0,06	0,05
Valeur Blessé léger	0,02	0,01	0,01
Valeurs de la vie humaine	0,35	0,24	0,21

Tableau 89. Sensibilité du bénéfice aux valeurs de la vie humaine selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (17)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence ‘Trafic moyen’, une augmentation de 1 % des valeurs de la vie humaine entraînerait une hausse de 0,24 % du bénéfice. À l’inverse, une diminution des valeurs de la vie humaine de 1 % entraînerait une baisse de 0,24 % du bénéfice.

Les valeurs de la vie humaine, surtout celle du tué, sont, après les valeurs du temps, celles qui ont le plus d’impact sur le bénéfice. Cela peut s’expliquer par le différentiel accidentogène entre les deux infrastructures. Pour un même niveau de trafic le nombre d’accidents est beaucoup plus élevé sur route que sur autoroute et les ratios d’insécurité sont à l’avantage de l’autoroute. Ainsi le coût d’insécurité sur autoroute est 4,7 moins important que sur la route.

Si la valeur du tué compte dans la détermination du bénéfice, il n’en est pas de même pour les valeurs des blessés. Elles sont trop faibles pour pouvoir avoir un impact significatif sur le bénéfice. Ce constat n’a rien de nouveau et avait déjà été souligné par le Conseil Général des Ponts et Chaussées dans son rapport⁶³ relatif aux suites à donner aux préconisations du groupe de travail du Commissariat général du Plan (Boiteux II). Il était indiqué que *ces valeurs n’ont de toute façon qu’une influence très marginale sur le résultat des calculs socio-économiques.*

Ces résultats relancent le débat sur le niveau de la valeur du blessé grave qui est jugée par certains trop faible en comparaison de la valeur du tué et des valeurs officielles en vigueur dans d’autres pays, comme la Suède et le Royaume-Uni par exemple. Ces résultats viennent aussi confirmer les recommandations du rapport Boiteux II sur l’importance de la poursuite des études dans ce domaine.

2.2.3. Les valeurs de la pollution atmosphérique

La valorisation de la pollution atmosphérique est obtenue à partir des véhicules.kilomètres parcourus. Dans notre cas la mise en place de l’autoroute réduit les kilomètres parcourus (l’itinéraire étant plus court) et par conséquent le projet génère des gains de pollution

⁶³ Disponible sous : http://www2.equipement.gouv.fr/rapports/themes_avis/economie/avis_2001-0122-01.pdf (consulté le 09 novembre 2006).

malgré un trafic global plus important avec l'ajout du trafic induit sur autoroute.

Le coût de la pollution atmosphérique dans la situation sans aménagement (représenté par le trafic routier multiplié par le nombre de kilomètres de la route) est supérieur au coût de la pollution atmosphérique en situation d'aménagement (représenté par le trafic routier de la route, du trafic autoroutier détourné et du trafic induit, le tout multiplié par le nombre de kilomètres propre à chaque itinéraire). Au final, il y a un gain de pollution. Une hausse des valeurs tutélaires vient donc augmenter le bénéfice. Et inversement.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Valeurs de la pollution atmosphérique	▲	▲	-	-
	▼	▼	-	-

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 90. Impact d'une variation des valeurs de la pollution atmosphérique sur le bénéfice

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Valeurs de la pollution atmosphérique	0,0005	0,0003	0,0002

Tableau 91. Sensibilité du bénéfice aux valeurs de la pollution atmosphérique selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (18)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une augmentation de 1 % des valeurs de la pollution atmosphérique entraînerait une hausse de 0,0003 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution des valeurs de la pollution atmosphérique de 1 % entraînerait une baisse de 0,0003 % du bénéfice.

Cependant, la pollution atmosphérique ne joue qu'un rôle de figuration dans la détermination de la rentabilité. Cela s'explique par les valeurs utilisées dans l'outil, qui sont celles recommandées en rase campagne. Elles sont beaucoup plus faibles qu'en milieu urbain dense par exemple (29 fois pour les VP et 47 fois pour les PL). Cela s'explique également par le fait que ces valeurs diminuent dans le temps. Leur évolution est double. Elles évoluent à la hausse comme la consommation finale des ménages par tête et à la baisse du fait de la prise en compte du progrès technique dans le temps. Or la deuxième évolution est plus importante que la première.

Aujourd'hui le problème de la pollution atmosphérique est surtout présent en urbain et de moins en moins en interurbain. Le niveau de valorisation du coût de la pollution reflète cette distinction. Cela ne revient pas à dire, bien entendu, que la pollution en milieu interurbain doit être considérée comme un problème réglé.

2.2.4. La valeur de la tonne de carbone

Le coût lié à l'effet de serre est valorisé par la valeur de la tonne de carbone. Ce coût est directement lié au à la consommation de carburant des véhicules, laquelle dépend de la vitesse des véhicules⁶⁴. Sur autoroute, en situation de trafic fluide, les véhicules roulent à des vitesses plus élevées que sur la route. La consommation de carburant est en conséquence plus élevée et les émissions de carbone plus grandes. Le coût lié à l'effet de serre est donc, toutes choses égales par ailleurs, plus important. Ainsi une augmentation de la valeur de la tonne de carbone aura pour conséquence de diminuer le bénéfice. Et inversement.

Variation de la variable		Bénéfice	Trafic route	Trafic autoroute
Valeur de la tonne de carbone	▲ ▼	▼ ▲	- -	- -

▲ : augmentation de la valeur / ▼ : diminution de la valeur

Tableau 92. Impact d'une variation de la valeur de la tonne de carbone sur le bénéfice

Élasticité apparente	Bénéfice pour la collectivité		
	Trafic faible	Trafic moyen	Trafic élevé
Valeur de la tonne de carbone	0,022	0,016	0,015

Tableau 93. Sensibilité du bénéfice à la valeur de la tonne de carbone selon les trois scénarios

Source : SIMECO – Annexe (19)

Lecture du tableau : Avec un scénario de référence 'Trafic moyen', une augmentation de 1 % de la valeur de la tonne de carbone entraînerait une baisse de 0,016 % du bénéfice. À l'inverse, une diminution de 1 % de la valeur de carbone entraînerait une augmentation de 0,016 % du bénéfice.

La valeur de la tonne de carbone n'a qu'un rôle marginal dans la détermination du bénéfice. Les débats au sein du groupe de travail du Commissariat Général du Plan sur le niveau de cette valeur ont été parmi les plus 'animés'. La question de la considération du réchauffement climatique par le calcul économique reste encore posée aujourd'hui.

Le récent rapport Stern⁶⁵ sur l'évaluation du coût économique du réchauffement a relancé les débats sur la valeur de la tonne de carbone. Dans cette mouvance, le Conseil

⁶⁴ La consommation est liée ici implicitement à la puissance et au poids des véhicules. Les courbes que nous utilisons dans l'outil sont des courbes de consommation moyennes qui tiennent compte des différents types de véhicules du parc automobile.

⁶⁵ Stern Review on the economics of climate change, disponible sous : http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

d'Analyse Stratégique ⁶⁶ a entrepris une réflexion et un travail sur les analyses existantes sur la valeur économique de la tonne de carbone. L'objectif de ce travail est de cerner les mécanismes et éléments nécessaires à l'établissement de cette valeur à partir des objectifs de réduction des émissions des gaz à effet de serre en tenant compte des principaux enjeux en termes de politiques publiques.

Nous mènerons une réflexion sur la valeur de la tonne de carbone dans la dernière partie de ce chapitre.

2.2.5. Compte-rendu des élasticités du bénéfice aux variables au cœur du calcul économique

Si le niveau des valeurs tutélaires ainsi que leur poids dans la détermination du bénéfice représentent *a priori* le degré de considération que la collectivité accorde aux effets non marchands, au vu des résultats, il ne fait aucun doute que la valorisation du temps est un élément important pour la collectivité.

En effet, l'analyse des élasticités des valeurs tutélaires est sans ambiguïté sur l'importance des valeurs du temps (voyageurs) dans la détermination du bénéfice. De la même manière, mais dans une moindre mesure, le niveau des valeurs de la vie humaine représentent certainement la priorité affichée de la collectivité en faveur de la sécurité routière. À l'inverse, l'impact de la valeur de la tonne de carbone est marginal, tandis que celui des valeurs de la pollution atmosphérique est insignifiant.

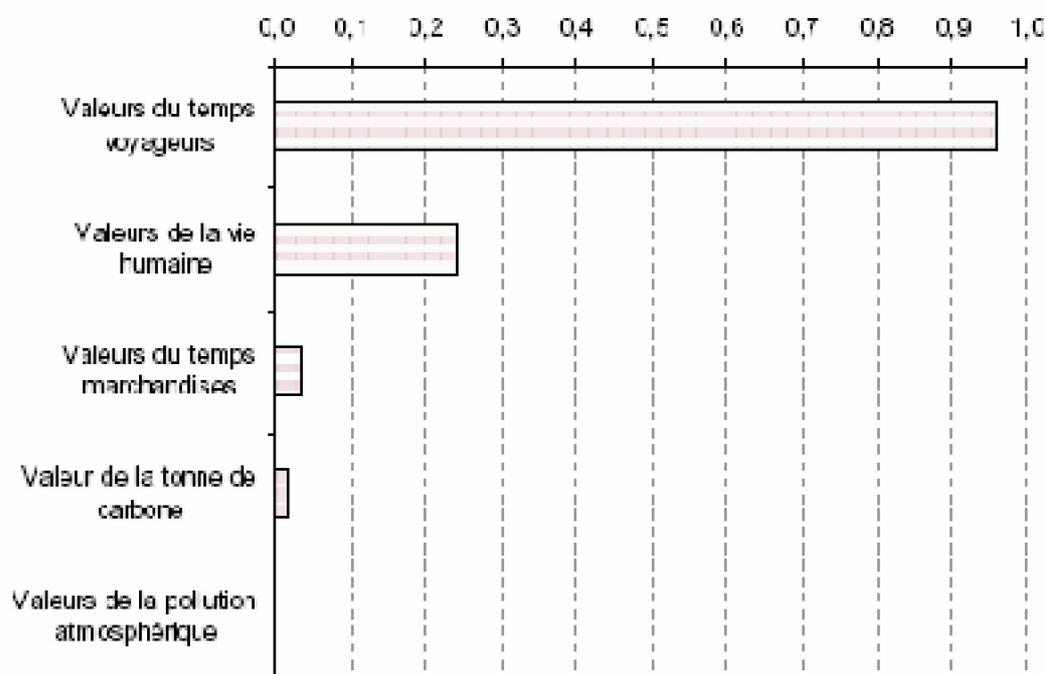


Figure 31. Comparaison des élasticités du bénéfice aux valeurs tutélaires

Ces résultats reviennent-ils à dire que la collectivité se soucie moins du

⁶⁶ Le Centre d'analyse stratégique est l'institution qui a succédé au Commissariat Général du Plan le 6 mars 2006.

réchauffement climatique que des gains de temps ? Moins de la pollution atmosphérique que de la sécurité routière ? La réponse à ces questions n'est pas si évidente que cela et répondre par l'affirmative serait exagéré.

Face à ces inégalités de traitement des effets, certains prônent comme solution d'augmenter fortement les valeurs qui ont un faible impact sur le bénéfice de manière à rééquilibrer les forces. C'est le cas de la valeur de la tonne de carbone. Nous pouvons nous poser la question si d'une part, cela est la solution et d'autre part, s'il n'y a pas d'autres façons de régler les problèmes autrement que par une revalorisation de leur prix ? La dernière partie de ce chapitre va nous servir notamment à dégager des éléments de réponses à ces questions.

3. Le calcul économique à l'envers : une révélation des préférences implicites ou affichées de la puissance publique ?

La prise en compte des effets non marchands et leur valorisation font débat. Le poids tout relatif du volet environnemental dans les évaluations d'un projet par rapport aux gains de temps pour les usagers de l'infrastructure renforce l'opposition des détracteurs du calcul économique. Le niveau des valeurs tutélaires est remis en cause. L'objectif de cette partie sera de mener une réflexion sur les valeurs retenues pour les calculs de rentabilité socio-économique en prenant comme base de travail la baisse des vitesses engendrée par la politique actuelle menée en faveur de la sécurité routière ou prônée comme solution pour réduire les émissions de CO₂.

Les détails des résultats présentés sont disponibles sur le Cd-rom dans le dossier 'Annexes/Chapitre IV-3'.

3.1. L'art de faire du calcul économique à l'envers

3.1.1. La démarche de travail

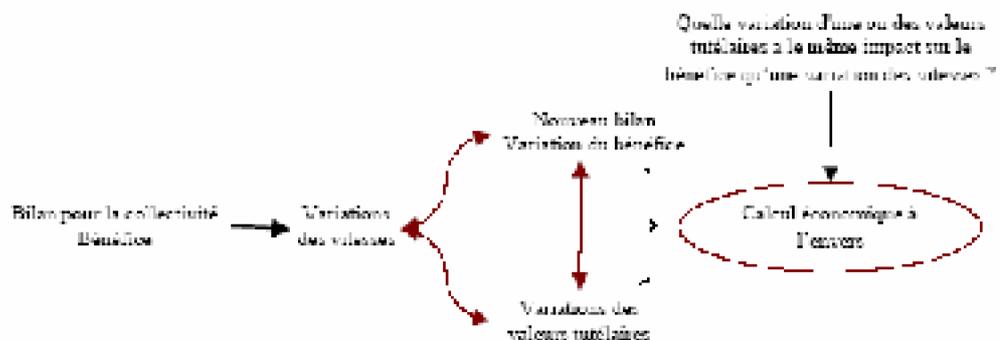
En nous intéressant aux décisions passées, présentes ou à venir de la puissance publique en matière d'application et/ou de limitation des vitesses sur le réseau routier national, nous tenterons de tester la cohérence des valeurs tutélaires avec les actions politiques. Car si le niveau des valeurs tutélaires des effets non marchands représente le niveau de degré de considération que la collectivité accorde à ces effets, il devrait être en cohérence avec les actions politiques menées.

Nous prendrons comme base de travail la baisse des vitesses observées sur les réseaux routiers depuis l'année 2000 ainsi que les propositions avancées d'abaisser la vitesse maximale autorisée sur autoroute pour les voitures particulières. Nous nous intéresserons aux relations existant entre les valeurs tutélaires et les vitesses. Nous

développerons deux idées :

- La première idée est que la collectivité accorde implicitement à la tonne de carbone une valeur supérieure à ce qu'elle est actuellement (100 €). Face au réchauffement climatique, en proposant d'abaisser la vitesse maximale autorisée sur autoroute pour les voitures particulières, certains semblent indiquer des préférences pour une valeur de la tonne de carbone plus grande et pour des valeurs du temps moins élevées. Ceci paraît paradoxal compte tenu des poids relatifs de ces valeurs dans les résultats de rentabilité.
- La deuxième idée est que, contrairement à ce que nous pourrions penser, il est économiquement justifié d'abaisser les vitesses sur l'ensemble des réseaux puisque cela augmente le bénéfice socio-économique pour la collectivité. Les questions qui se posent alors sont les suivantes :
 - Que révèle cette impulsion de la politique en faveur de la sécurité routière en termes de modifications du système des prix relatifs des effets non marchands ? Y a-t-il une préférence implicite de la collectivité pour des valeurs tutélaires différentes ?
 - Cette baisse ne révèle-t-elle pas également qu'au-delà des prix fixés aux effets non marchands, la collectivité affiche sa préférence pour un changement dans les volumes relatifs des avantages et des nuisances sans exprimer clairement ce que pourraient être les prix fictifs ?

Pour mener à bien ces réflexions, nous pratiquerons 'un calcul économique à l'envers' en raisonnant par équivalence monétaire. En prenant comme référence le bénéfice issu de scénarios de référence nous rechercherons le(s) montant(s) d'une ou des valeurs tutélaires qui entraînent la même variation du bénéfice que celle engendrée par une variation des vitesses. Avec cette démarche, nous pratiquerons un calcul qui consiste, à partir d'un résultat, à raisonner à rebours en recherchant les valeurs qui conduisent à ce résultat. Dans la pratique nous utilisons, sous Excel, l'outil de la valeur cible qui recherche un résultat spécifique pour une cellule en ajustant la valeur d'une ou plusieurs cellules.



La démarche consiste donc, à partir de faits observés ou qui pourraient se produire dans un futur proche, à révéler des valeurs qui sont, toutes choses égales par ailleurs, à

prendre comme des équivalences monétaires. Le raisonnement s'inscrit dans le cadre de l'outil SIMECO, c'est-à-dire à travers les mécanismes de calcul produits par les méthodes et valeurs que nous avons utilisées, mais aussi avec les hypothèses de départ concernant les scénarios de référence. Par ailleurs, nous rappelons que les simulations effectuées avec l'outil concernent les projets situés en rase campagne et que, par conséquent, certaines problématiques peuvent être absentes par rapport à celles existant sur des infrastructures situées en zones urbaines et périurbaines. Nous faisons référence ici au problème de congestion qui caractérise l'entrée des agglomérations. Dans toutes nos analyses, nous faisons l'hypothèse qu'aucun phénomène de ce type, qui annule les gains de temps capitalisés en empruntant des infrastructures plus rapides, n'est présent.

Par ailleurs, le calcul des temps de parcours se fonde sur la vitesse réglementaire. Les fonctions débit – temps de parcours ne prennent pas en compte la possibilité pour les usagers de rouler au-dessus ou en dessous de cette vitesse. Les vitesses de chaque catégorie de véhicules (VP, PL) sont donc homogènes. Elles dépendent du taux de saturation de l'itinéraire concerné.

Les bilans des évaluations de rentabilité trouvent leur origine dans la capacité de la nouvelle infrastructure à attirer des usagers. La situation pour les usagers se résume simplement à un choix entre deux itinéraires qui n'entraînent pas les mêmes coûts de circulation. Ces coûts sont au cœur des évaluations puisque la répartition du trafic dépend d'eux. Ainsi, toute variation de ces coûts se répercute à la hausse ou à la baisse sur le niveau de trafic de l'autoroute, et par conséquent sur le niveau du bénéfice pour la collectivité.

Une variation des vitesses absolues, en jouant sur les vitesses sur chaque itinéraire, va modifier l'avantage relatif de l'itinéraire le plus rapide. Les vitesses sont donc des variables majeures. En jouant sur les temps de parcours, elles déterminent, en grande partie, par le biais des coûts de circulation, la répartition des trafics sur les itinéraires. Par conséquent elles ont un impact important sur le niveau du bénéfice pour la collectivité et sur les nuisances engendrées par la mise en service de l'autoroute.

3.1.2. La baisse des vitesses comme base de travail

En réponse à la stagnation des bilans annuels de la sécurité routière et depuis que la réduction de l'insécurité routière a été considérée comme une grande cause nationale, la puissance publique a mené des actions afin de réduire les vitesses sur les routes dans le but de faire baisser le nombre de morts et la gravité des accidents. La vitesse moyenne globale observée a ainsi baissé sur l'ensemble des réseaux routiers. Parallèlement, et pour faire face aux préoccupations environnementales, l'idée d'abaisser les vitesses maximales autorisées, en particulier sur les autoroutes, fait son chemin dans la sphère institutionnelle.

Dans notre démarche, nous supposons que les vitesses moyennes sont proportionnelles aux vitesses limites. Ainsi les baisses observées des vitesses moyennes peuvent s'apparenter à une baisse des vitesses maximales autorisées.

a) La vitesse observée sur les réseaux routiers

La puissance publique a multiplié les mesures en faveur d'une réduction du nombre de tués sur les routes françaises : mise en place de radars, vitesse limitée à 110 km/h sur certaines zones de tronçons autoroutiers, renforcements des contrôles, permis probatoire, aggravation des sanctions pour les récidivistes, automatisation de la chaîne contrôle-sanction, campagnes d'information et d'incitation par le biais des médias, etc. La poursuite de cette politique s'est traduite par une réduction des vitesses moyennes observées sur l'ensemble des catégories de réseaux et notamment sur les autoroutes et les routes nationales.

Km/h	Mode	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000/2005
Autoroutes de liaison ¹	VP	124,0	124,0	123,5	119,0	118,5	116,5	-6,0 %
	PL	91,0	90,0	92,3	92,7	93,0	93,3	12,6 %
Routes nationales	VP	92,5	93	90	86,5	85	82	-11,4 %
	PL	79,7	81,7	79,0	78,7	78,3	77,0	-3,3 %

Tableau 94. Vitesses moyennes observées par type de réseau entre 2000 et 2005

Source : (ONISR, 2005) ; VP : moyenne jour/nuit ; PL : moyenne 2,3,4 essieux et plus

Entre 2000 et 2005, la vitesse moyenne observée des voitures particulières a baissé de 6,0 % sur les autoroutes de liaison et de 11,4 % sur les routes nationales. Celle des poids lourds a baissé de 3,3 % sur les routes nationales, alors qu'elle a augmenté de 2,6 % sur les autoroutes. L'augmentation de la vitesse PL est surprenante, mais c'est une évolution résultante de la baisse de la vitesse des voitures particulières. Les poids lourds ayant plus de temps pour dépasser, doublent plus facilement les autres véhicules. Les vitesses tendent à s'homogénéiser : la vitesse des VP baisse, celle des PL augmente. Toutefois, la nouvelle réglementation⁶⁷ relative à la vitesse des poids lourds devrait freiner cette tendance, puisque la vitesse limite sur autoroute a été fixée à 90 km/h pour tous les véhicules de plus de 3,5 tonnes.

Si nous regardons l'indicateur synthétique⁶⁸ calculé par l'ONISR concernant les voitures particulières, tous réseaux confondus, la baisse est encore plus accentuée. Le tableau suivant, présente l'évolution de cet indicateur par quadrimestre, entre début 2001 et fin 2005.

	2001			2002			2003			2004			2005		
	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}
	90,2	88,7	89,7	90,5	89,5	89,8	87,5	87,0	86,1	84,9	84,4	84,2	83,0	82,7	83,0

Tableau 95. Indicateur synthétique des vitesses moyennes en km/h

⁶⁷ La politique de réduction des vitesses de circulation a été initiée au niveau européen. Depuis le 1er janvier 1994, les véhicules de plus de 12 tonnes doivent être équipés d'un limiteur de vitesse réglé à 90km/h. Cette obligation a été étendue aux véhicules de plus de 3,5 tonnes par deux directives européennes du 5 novembre 2002 et du 11 février 2004. Un décret et un arrêté du 25 février 2005 (JO du 26 février 2005) transposent ces directives en droit français en modifiant le Code de la route. Ainsi A compter du 1er janvier 2007, la vitesse maximale de circulation sera limitée à 90 km/h pour tous les véhicules de plus de 3,5 tonnes

⁶⁸ L'indicateur tient compte du trafic jour et nuit et de la répartition par réseaux, quelles que soient les conditions météorologiques, avec une hypothèse de 10 % du trafic réalisé la nuit.

Source : ONISR ⁶⁹

Les résultats montrent que la baisse des vitesses s'est produite sur l'ensemble des réseaux urbain et interurbain. La réduction de la vitesse sur les autoroutes et les routes nationales s'est répercutée, comme un effet de percolation, sur les autres réseaux.

b) La limitation de la vitesse : une solution contre les émissions de CO₂

Devant les impératifs environnementaux, la baisse des vitesses maximales autorisées apparaît aussi comme un moyen de parvenir à réduire les émissions de CO₂. Cette idée n'est pas nouvelle. Depuis longtemps l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) le préconise ⁷⁰ pour faire baisser la consommation de carburant et par conséquent les émissions de CO₂. Récemment, suite à la hausse du prix du pétrole, le Ministre des Transports avait émis l'idée de limiter à 115 km/h la vitesse sur autoroute ⁷¹. Derrière cette idée, il y avait une volonté de réduire la consommation de carburant (et donc les émissions de CO₂) et de soulager le porte-monnaie des automobilistes. Mais devant une levée de boucliers cette idée a été abandonnée. Pourtant elle n'a pas été écartée des solutions avancées pour réduire les émissions de CO₂. Récemment, le groupe de travail ⁷² en charge d'imaginer et d'évaluer les différentes voies qui permettraient d'atteindre l'objectif d'une division par quatre des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050 a rendu son rapport (Ministère de l'Économie, Ministère de l'Écologie, 2006). Dans ce rapport, le groupe de travail propose, en ce qui concerne le secteur des transports routiers, de réduire les vitesses maximales autorisées des voitures particulières, pour commencer, à 120 km/h sur autoroute et à 100 km/h sur les voies rapides.

D'autres initiatives existent également, dont le but premier n'est pas l'abaissement des vitesses pour un objectif environnemental, mais qui, au final, pourraient avoir des effets bénéfiques sur l'environnement. C'est le cas de projets comme LAVIA (Limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée), dont nous avons déjà parlé dans le chapitre deux. Il permettrait de limiter la vitesse des véhicules en fonction de la zone dans laquelle ils se trouvent. Si ce projet a pour but la réduction des accidents de la route, il permettrait également une réduction des émissions de CO₂ via la baisse de la consommation de carburant entraînée par des vitesses plus faibles.

Ainsi, les limitations des vitesses sont devenues, en quelque temps, le principal levier d'action utilisé par la puissance publique à diverses fins. La première concerne

⁶⁹ Données disponibles sous : http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/observatoire_vitesse.pdf (consulté le 25 janvier 2007).

⁷⁰ <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?id=11433&m=3&cid=96>

⁷¹ Dépêche Agence France Presse du 29 août 2005

⁷² Le 8 septembre 2005, la Ministre de l'Écologie et du développement durable, Nelly Olin et le Ministre délégué à l'Industrie, François Loos, ont installé un groupe de travail, dit groupe de Boissieu, sur la « division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 ».

l'amélioration de la sécurité routière, la deuxième concerne les consommations de carburants, base des émissions de polluants. Les actions engagées semblent indiquer une considération plus grande de la part de la collectivité pour ces deux contraintes du secteur des transports routiers.

Nous pouvons nous demander si ces mesures ne révèlent pas implicitement des valeurs tutélaires différentes de celles existant aujourd'hui.

3.2. Une pluralité de valeurs tutélaires ?

Pour commencer nous observerons, à partir du scénario de référence S2 que nous avons déjà présenté auparavant en début de chapitre, ce qu'implique une baisse de la vitesse maximale autorisée pour les voitures particulières sur autoroute sur la valeur de la tonne de carbone. Ensuite, nous regarderons ce qu'implique la politique de réduction des vitesses sur les réseaux sur l'ensemble des valeurs tutélaires. Pour ce faire, nous prendrons, pour des raisons pratiques, le scénario de référence S3 dans lequel le niveau de trafic est plus élevé.

3.2.1. Abaisser la vitesse limite sur autoroute pour les voitures particulières : vers une valeur de la tonne de carbone plus élevée ?

En partant du constat que la valorisation du temps est le volet prépondérant dans la détermination de la rentabilité socio-économique des projets et, qu'à l'opposé, la valeur de la tonne de carbone n'a qu'un impact limité, nous pourrions en conclure une nette préférence de la collectivité pour les gains de temps.

Pourtant, en observant la relation entre les valeurs du temps et la vitesse, nous pouvons nous demander, si derrière l'idée d'abaisser la vitesse maximale autorisée, qui ne va pas, apparemment, dans le sens de l'efficacité économique⁷³ (Giblin, 2003) ne se cache pas une préférence des décideurs en faveur de l'environnement, puisque baisser la vitesse équivaut à prendre une valeur de la tonne de carbone plus élevée.

a) Valorisation du temps versus valorisation de l'effet de serre

Le bénéfice actualisé pour la collectivité a une sensibilité très faible aux variations de la valeur de la tonne de carbone à l'inverse des valeurs du temps dont l'impact est considérable. Les élasticités que nous avons calculées précédemment avaient déjà mis en lumière ce constat.

Le fossé entre les valeurs du temps et la valeur de la tonne de carbone peut s'interpréter comme la différence de degré de considération de la collectivité vis-à-vis de ces effets. Pourtant une baisse de la vitesse maximale autorisée sur autoroute pourrait venir contredire cette conclusion.

⁷³ Dans une note interne du CGPC, Jean-Pierre Giblin avait montré qu'il serait plus économiquement justifié d'augmenter les vitesses sur les autoroutes plutôt que de les baisser, compte tenu de l'importance des avantages relatifs liés aux gains de temps par rapport aux gains de sécurité routière et aux coûts liés à l'effet de serre.

Variation des valeurs	Impact sur le bénéfice	
	Valeurs du temps voyageurs	Valeur de la tonne de carbone
+50 %	46,4 %	-0,8 %
+40 %	37,3 %	-0,6 %
+30 %	28,1 %	-0,5 %
+20 %	18,9 %	-0,3 %
+10 %	9,5 %	-0,2 %
-10 %	-9,6 %	+0,2 %
-20 %	-19,5 %	+0,3 %
-30 %	-29,6 %	+0,5 %
-40 %	-40,1 %	+0,6 %
-50 %	-51,1 %	+0,8 %

Tableau 96. Impact sur le bénéfice d'une variation des valeurs du temps voyageurs et de la valeur de la tonne de carbone

Source : SIMECO – Annexe (20)

Lecture du tableau : une diminution de -10 % des valeurs du temps voyageurs entraîne une baisse -9,6 % du bénéfice. Une augmentation de +10 % de la valeur de la tonne de carbone entraîne une baisse de -0,2 % du bénéfice.

b) Vitesse des voitures particulières sur autoroute, bénéfice et valeurs du temps

Pour arriver à déterminer les relations et les résultats, nous prenons comme base le bénéfice issu du scénario de référence et nous recherchons les valeurs du temps⁷⁴ qui entraînent la même variation à la baisse de ce bénéfice que celle engendrée par la baisse de la vitesse.

Les résultats montrent qu'une baisse des vitesses est équivalente à une baisse des valeurs du temps et à une baisse du bénéfice.

Cette baisse du bénéfice est due au fait que le différentiel des coûts de circulation entre la route et l'autoroute se réduit au profit de la route. Sur autoroute, d'un côté, les frais de fonctionnement diminuent, notamment les frais de carburant, mais d'un autre côté, le temps de parcours augmente. Au final, il y a moins de trafic détourné de la route vers l'autoroute et moins d'induction de trafic. Le bénéfice baisse.

⁷⁴ La variation des valeurs du temps voyageurs s'applique à la formule de calcul. Par conséquent la variation est donc appliquée à la fois sur les valeurs du temps voyageurs de la route et de l'autoroute.

Une baisse de la vitesse sur autoroute de :	Vitesse	baisse le bénéfice de :	est équivalente à une baisse des valeurs du temps de :
-5 %	123,5 km/h	-2,8 %	-2,9 %
-10 %	117,0 km/h	-6,2 %	-6,4 %
-15 %	110,5 km/h	-11,6 %	-12,0 %
-20 %	104,0 km/h	-18,4 %	-18,9 %

Tableau 97. Baisse de la vitesse VP sur autoroute, impact sur le bénéfice et valeurs du temps

Source : SIMECO – Annexe (21)

Lecture du tableau : une diminution de -10 % de la vitesse VP sur autoroute entraîne une baisse -6,2 % du bénéfice et est équivalent à une baisse de -6,4 % des valeurs du temps voyageurs.

Nous avons ici une relation qui, du point de vue du calcul économique, peut sembler paradoxale, puisque d'un côté la collectivité a augmenté les valeurs du temps entre le premier et le second rapport Boiteux, et d'un autre côté elle agirait d'une manière qui sous-entend qu'elle les considère comme moins élevées, en tout cas pour le mode routier interurbain. Nous avons d'un côté une valorisation du temps qui constitue l'essentiel des avantages résultant d'un projet et qui détermine en grande partie sa rentabilité. D'un autre côté une politique de réduction de la vitesse qui viendrait à l'encontre de cette règle. Est-ce une contradiction ou bien peut-on rationaliser ces choix ?

c) Une valeur de la tonne de carbone plus élevée ?

Observons l'effet d'une variation de la vitesse sur le niveau implicite de la tonne de carbone. Pour arriver à ces résultats, nous prenons comme base le bénéfice issu du scénario de référence et nous recherchons la valeur de la tonne de carbone qui a le même impact sur le bénéfice qu'une baisse de la vitesse.

Tableau 98. Relation entre la vitesse VP sur autoroute et la valeur de la tonne de carbone

	Une baisse de la vitesse limite sur autoroute de :	Vitesse	Est équivalente à une valeur de la tonne de carbone en € de :	Impact sur le bénéfice
Vitesse limite sur autoroute VP : 130 km/h	-1,0 %	128,7 km/h	140	-0,6 %
	-5,0 %	123,5 km/h	272	-2,8 %
	-7,7 %	120,0 km/h	359	-4,2 %
	-10,0 %	117,0 km/h	484	-6,2 %
	-15,0 %	110,5 km/h	818	-11,6 %

Source : SIMECO – Annexe (22)

Lecture du tableau : Limiter la vitesse à 120 km/h sur autoroute pour les VP est équivalent à prendre en compte une valeur de la tonne de carbone de 359 €.

La proposition de baisser la vitesse réglementaire sur autoroute à 120 km/h au lieu de 130 km/h correspondrait à une baisse de 7,7 % de la vitesse limite. Cette baisse équivaldrait à une valeur de la tonne de carbone de 359 € (valeur 2005). Cette valeur correspond à un coût de 23,5 centimes d'euro par litre d'essence et de 26,1 centimes d'euro par litre de diesel. Par ailleurs, cette valeur serait équivalente à une valorisation de la tonne de CO₂ de 97 €⁷⁵.

Du point de vue du calcul économique et des méthodes et pratiques des évaluations de rentabilité socio-économique, ce résultat signifie qu'il est identique d'augmenter la valeur de la tonne de carbone et de la fixer à 359 € que d'abaisser la vitesse réglementaire des voitures particulières à 120 km/h sur autoroute.

Dans la pratique cela signifierait que lors de l'étude de rentabilité du projet d'autoroute (effectuées à l'année 2000 pour une mise en service en 2005), en prenant en compte pour les calculs une valeur de la tonne de carbone du même montant que celui que nous avons calculé, le bénéfice aurait été le même que celui obtenu avec une prise en compte d'une vitesse limite pour les VP sur autoroute de 120 km/h. Cette valeur aurait suivi, par la suite, la règles d'évolution que nous avons déjà présentée.

Bien que les résultats doivent être considérés avec précaution, ils ont l'intérêt de montrer que derrière l'idée d'abaisser les vitesses, se cache peut-être, hormis une préférence déclarée pour la sécurité routière, une préférence pour une valeur de la tonne de carbone plus grande. Le glissement dans la hiérarchie des priorités entre la sécurité routière et les émissions de CO₂ est assez net. Le nombre de morts sur les autoroutes à péage a fortement baissé en France (-29,6 % : 318 tués en 2000, 224 tués en 2005) une réduction des vitesses maximales aurait de moins en moins d'effets sur le résultat final. Ce serait donc bien pour des questions environnementales et énergétiques que pourrait se programmer une baisse de la vitesse maximale.

Abaisser la vitesse réglementaire sur autoroute pour les voitures particulières serait une manière pour la collectivité d'afficher sa volonté de réduire les émissions de CO₂. Cette solution avancée dans les propositions pour atteindre l'objectif du facteur⁴ révélerait qu'implicitement la collectivité accorde à la valeur de la tonne de carbone un montant plus élevé que celui qui est officiellement fixé et à l'inverse un montant aux valeurs du temps plus faible.

3.2.2. Abaisser les vitesses VP et PL sur l'ensemble du réseau : vers des valeurs tutélaires plus élevées ?

En raisonnant maintenant à partir de la baisse des vitesses sur les autoroutes et les routes nationales et en prenant en compte les voitures particulières et les poids lourds, observons l'effet d'une baisse des vitesses sur le bénéfice pour la collectivité. Est-il économiquement justifié d'abaisser les vitesses ? Que signifierait cette baisse, toutes choses égales par ailleurs, en termes d'équivalents monétaires des valeurs tutélaires ?

a) Vitesses sur les réseaux, impact sur le bénéfice et valeurs du temps

⁷⁵ Par définition, un kg de CO₂ vaut environ 0,2727 kg d'équivalent carbone.

Avant tout, nous partirons de l'hypothèse que, d'une manière générale, sans que des phénomènes de congestion soient présents, une autoroute située en rase campagne comparée à un itinéraire routier concurrent, possède les caractéristiques suivantes.

- Un trajet autoroutier est plus court qu'un trajet routier. Pour s'en rendre compte, il suffit, à l'aide des sites Internet de calcul d'itinéraires (www.mappy.com, www.viamichelin.fr), de comparer la longueur d'un trajet d'un itinéraire autoroutier à celle d'un itinéraire routier sans péage. Les itinéraires autoroutiers sont en grande majorité plus courts. Nous avons pu le vérifier pour quelques liaisons élémentaires comme : Lyon – Grenoble, Lyon – Chambéry, Lyon – Annecy, Lyon – Clermont-Ferrand, Lyon – Valence, Lyon – Genève.
- L'itinéraire autoroutier est plus rapide. Les vitesses réglementaires y sont plus élevées. Comme en plus le trajet est généralement plus court que celui de l'itinéraire routier, les temps de parcours sont inférieurs à ceux observés sur l'itinéraire routier concurrent. Cette différence explique en partie les gains de temps apportés par la mise en service d'une autoroute.
- Une autoroute est plus sûre. Même si les vitesses sont plus élevées, ce qui augmente le niveau de gravité des accidents, l'autoroute reste quatre à cinq fois moins accidentogène qu'une route. Cette différence de ratios d'insécurité entre les deux infrastructures explique l'importance des gains de sécurité routière engendrés par la mise en service d'une autoroute.
- Plus polluante. À vitesse plus élevée, les véhicules consomment plus de carburants qu'à vitesse moins grande⁷⁶. En conséquence, sur autoroute, le volume d'émissions de polluants est, toutes choses égales par ailleurs, supérieur à celui d'un itinéraire routier.

Une autoroute est plus courte, plus rapide et plus sûre. Ce sont les principales caractéristiques qui déterminent, compte tenu des valeurs du temps et de la vie humaine, la collectivité à mettre en service une nouvelle infrastructure autoroutière.

En tenant compte de ces caractéristiques, quel effet une baisse des vitesses sur autoroute aurait-elle ? *A priori*, une baisse de la vitesse devrait s'accompagner, à nombre et type de déplacements donnés (Cohen *et al.* 1998) :

- d'une augmentation des temps de parcours⁷⁷ (dans tous le cas où la voirie est suffisamment 'libre' pour que le conducteur soit maître de sa vitesse) et par conséquent d'une baisse des gains de temps.
- d'une décroissance du nombre d'accidents et une décroissance très supérieure des blessés et des tués et par conséquent d'une hausse des gains de sécurité routière.

⁷⁶ Cf. Les économies de carburant et par conséquent d'une diminution des coûts liés aux nuisances environnementales.

⁷⁷ Dans le cas où la voirie est congestionnée, une baisse des vitesses peut permettre une meilleure fluidité de la circulation et donc baisser les temps de parcours. C'est essentiellement le cas en milieu urbain. Voir sur ce sujet : "Évaluation socio-économique des systèmes d'exploitation de la route en milieu urbain", Conseil Général des Ponts et Chaussées, août 2004. Rapport disponible sous : http://www.securiteroutiere.equipement.gouv.fr/MG/produit/rapport_chap04ut.pdf

contrebalanceraient-ils la perte des gains de temps ?

Observons les effets sur le bénéfice et les avantages des effets non marchands d'une baisse de 10 % des vitesses sur les deux réseaux. Nous raisonnons à partir de notre cadre de référence dans lequel la longueur de l'autoroute est inférieure à celle de la route. Le scénario de référence est S3⁷⁸ dans lequel le trafic journalier annuel moyen existant à l'année d'étude est de 17 000 véh/j.

Tableau 99. Effet d'une baisse des vitesses sur le bénéfice et sur les avantages des effets non marchands. Cas de figure : Longueur Autoroute < Longueur Route

	Variations absolues	Variations relatives
Bénéfice socio-économique	+427 061 021 €	+17,6 %
Gains de temps	+292 174 089 €	+16,6 %
Gains Sécurité routière	+14 016 441 €	+2,8 %
Coûts Effet de serre	-14 680 005 €	-39,9 %
Gains Pollution	-258 290 €	-46,1 %

Source : SIMECO – Annexe (23)

En abaissant les vitesses la collectivité améliore son bilan socio-économique. Elle privilégie non seulement les gains de sécurité routière et les économies de carburants mais également, ce qui est paradoxal, les gains de temps. Seul le bilan de la pollution atmosphérique est détérioré.

Même si l'augmentation du bénéfice n'est pas uniquement due aux variations des effets non marchands⁷⁹, ces résultats sont paradoxaux puisque, à l'inverse de ce nous pourrions penser, le fait d'abaisser les vitesses ne pénalise pas le bilan de la collectivité, bien au contraire. La rentabilité socio-économique du projet augmente. Comment pouvons-nous expliquer ces résultats ?

En abaissant les vitesses de 10 % sur les deux réseaux, les conditions de la route se dégradent plus que celles de l'autoroute. Ces nouvelles conditions entraînent un report de trafic de la route vers l'autoroute plus important et une induction de trafic plus importante.

Les coûts de circulation sur la route se dégradent, notamment en termes de temps de parcours, tandis que les coûts de circulation sur autoroute restent relativement stables ; la baisse de la vitesse réduit les gains de temps, mais cette perte est compensée par la diminution des frais de fonctionnement, notamment ceux de carburant. Au final, le trafic total autoroutier est plus important. Ce surcroît de trafic est à l'origine, compte tenu des caractéristiques de l'autoroute, de la hausse du bénéfice pour la collectivité.

Tableau 100. Variations des niveaux de trafics entraînés par une baisse des vitesses. Cas de figure :

⁷⁸ Nous avons changé de scénario de référence pour que dans la suite de la démarche nous ayons des projets dont les indicateurs de rentabilité socio-économique soient positifs.

⁷⁹ D'autres éléments expliquent l'augmentation du bénéfice comme la hausse des recettes de péage, des avantages de confort pour les VP et des frais de fonctionnement VP et PL. Cf. le bilan détaillé en annexe (23).

Longueur Autoroute < Longueur Route

Trafics	Variations absolues	Variations relatives
Trafic route	-20 886	-27,9 %
Trafic Autoroute	49 180	+7,0 %
<i>Dont détourné</i>	28 294	+3,5 %
<i>Dont Induit</i>	20 886	+27,3 %

Source : SIMECO / Trafics cumulés en véh/j sur la durée de concession

Ce report de trafic plus important vers l'autoroute et l'augmentation du trafic induit expliquent pourquoi en comparaison avec le scénario de référence :

- les gains de temps sont plus importants. Bien que les vitesses soient abaissées, l'autoroute, comparativement à la route, bénéficie d'un volume global de trafic supérieur. Cette hausse du trafic entraîne des gains de temps supérieurs.
- les gains de sécurité routière sont plus importants. Un volume de trafic plus important emprunte l'itinéraire le moins accidentogène.
- les coûts liés à l'effet de serre sont moins importants. La surconsommation de carburants entraînée par la hausse du trafic global, est plus que compensée par la baisse des vitesses qui diminue les consommations unitaires des véhicules. Au final la consommation de carburant est moins importante, les coûts liés aux émissions de carbone baissent.
- les gains liés à la pollution atmosphérique sont moins importants. Même si l'itinéraire autoroutier est plus court, l'augmentation du trafic total sur autoroute engendre une hausse du nombre de véhicules.kilomètres parcourus. Comme les valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique s'appliquent aux nombres de véhicules.kilomètres et que ceux-ci sont globalement supérieurs, les gains diminuent.

Au final, la collectivité se retrouve gagnante à abaisser les vitesses du point de vue de son bilan et du point de vue des gains de sécurité routière et ceux de l'effet de serre.

Cette relation, théorique et mécanique, entre la baisse des vitesses et l'augmentation des trafics présents sur l'autoroute (et donc du bénéfice) peut être observée dans les faits à partir des données statistiques de trafics établies chaque année par le Ministère des Transports. Entre 2000 et 2005, les autoroutes concédées ont vu leurs trafics augmenter, même si la croissance s'est estompée en fin de période. En comparaison, la croissance des trafics sur les routes nationales, déjà inférieure à celle des trafics sur autoroutes, s'est arrêtée en 2005. La hausse des prix de carburants qui s'est produite ces dernières années a sans aucun doute ralenti la croissance des trafics tous réseaux confondus, mais malgré cette hausse et malgré la baisse des vitesses, les autoroutes concédées ont continué à profiter de l'augmentation des trafics sur leurs réseaux.

Tableau 101. Évolution des trafics en milliards de véhicules-kilomètres et pourcentage entre 2000 et 2005

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Autoroutes concédées	66 -	69 5,3 %	72 4,7 %	74 2,5 %	76 2,5 %	77 1,1 %
Routes nationales	91 -	92 1,8 %	94 1,7 %	95 1,2 %	96 1,1 %	96 0,0 %
Total (tous réseaux confondus)	526 -	545 3,7 %	553 1,3 %	557 0,8 %	560 0,5 %	556 -0,7 %

Source : (Compte des transports, 2005)

Cette relation entre la baisse des vitesses et l'augmentation du bénéfice appelle deux commentaires :

- Les résultats viennent contredire l'argument qu'il est économiquement non justifié de baisser les vitesses, et qu'au contraire il faudrait les augmenter, en raison de l'importance des valeurs du temps par rapport aux autres effets non marchands. Les calculs que nous avons effectués et les données de trafics nous disent le contraire.
- Il y a un paradoxe sous-jacent à cette relation. Une baisse de la vitesse s'accompagne dans la pratique d'une augmentation des temps de parcours. Par conséquent une baisse des vitesses reviendrait à considérer des valeurs du temps moins élevées et en conséquence un bénéfice plus faible. Mais c'est parce qu'elle joue sur les temps de parcours relatifs et sur le gain de temps procuré par l'autoroute, que la baisse des vitesses sur les deux réseaux équivaut à considérer les valeurs du temps plus élevées. C'est ce que nous montre le tableau ci-après.

Pour arriver à ces résultats, nous prenons comme base le bénéfice issu du scénario de référence et nous recherchons les valeurs du temps qui entraînent le même impact sur le bénéfice qu'une baisse des vitesses.

Tableau 102. Relation entre les vitesses sur les réseaux et les valeurs du temps voyageurs et marchandises

Vitesses sur réseaux	Une baisse des vitesses de :	Vitesses en km/h	est équivalente à une hausse des VDT de :
Vitesses limites : <u>Autoroute</u> <u>Concédée</u> VP :	-5 %	VP : 123,5 AC et 85,5 RN PL : 85,5 AC et 76,0 RN	12,3 %
130 km/h PL : 90 km/h <u>Route</u> <u>Nationale</u> VP : 90 km/h PL : 80 km/h	-10 %	VP : 117 AC et 81,0 RN PL : 81,0 AC et 72,0 RN	26,0 %

Source : SIMECO – Annexe (24) / AC : Autoroute concédée ; RN : Route Nationale

Lecture du tableau : une baisse de -10 % des vitesses sur les deux réseaux et pour les usagers VP et PL équivaut à une augmentation de 26,0 % des valeurs du temps voyageurs et marchandises.

Cette relation entre vitesses et valeurs du temps est contre intuitive puisqu'en baissant les vitesses nous devrions trouver des valeurs du temps moins élevées. En rallongeant les temps de parcours, les gains de temps se réduisent ce qui équivaut à considérer des valeurs du temps plus faibles. Cette relation est vraie lorsque nous raisonnons sur un itinéraire type, à trafic donné. Mais lorsque nous raisonnons dans le cadre d'une évaluation de projet d'autoroute qui viendrait concurrencer la route et à partir de la loi d'affectation des trafic qui répartit les trafics selon les coûts de circulation des itinéraires, une baisse des vitesses profite à l'itinéraire le plus rapide (jusqu'à un certain point critique de saturation).

Dans notre cas de figure, si nous faisons varier les vitesses du même ordre de grandeur que les baisses observées sur les réseaux entre 2000 et 2005, le trafic total sur autoroute augmente de 8,2 % par rapport à notre scénario de référence avec un trafic induit en hausse de 30,9 % et un trafic détourné en augmentation de 4,3 %. Ainsi, en suivant une politique de réduction générale des vitesses, la collectivité augmente les gains de temps. Aurait-elle une préférence implicite pour des valeurs du temps plus élevées ? Qu'en est-il des autres valeurs tutélaires ?

b) La considération de la collectivité pour des valeurs tutélaires plus élevées ?

Reprenons notre scénario de référence et modifions le pour que les longueurs des itinéraires soient identiques. Les effets non marchands étant tous liés⁸⁰, d'une manière ou d'une autre, à la longueur, il y a un peut-être un 'effet longueur' qui pourrait expliquer à lui seul, pourquoi lorsque nous baissions les vitesses, le bénéfice augmente.

En neutralisant l'effet longueur', nous pourrions focaliser l'analyse sur le seul impact des vitesses. Les valeurs du temps voyageurs devenant identiques, celles-ci, étant fonction de la distance du parcours, elles ne vont plus avoir d'influence sur les coûts de circulation. De ce fait, ce sont les vitesses qui deviennent les variables clefs dans la détermination des coûts de circulation. Elles vont jouer sur les temps de parcours et la consommation de carburant.

Regardons si nous arrivons aux mêmes conclusions en prenant des longueurs identiques pour les deux itinéraires. Nous prenons désormais une longueur de l'autoroute égale à celle de la route. Les longueurs sont de 110 km. Le niveau de trafic existant à l'année d'étude est toujours de 17 000 véhicules/jour.

Avant d'observer cet impact de la vitesse, regardons l'effet d'une égalisation des longueurs sur le bilan socio-économique pour la collectivité.

⁸⁰ Les gains ou les coûts des effets non marchands sont liés à la longueur, soit parce que leur valorisation est calculée en fonction du nombre de véhicules-kilomètres parcourus (sécurité routière et pollution atmosphérique), soit parce que la longueur entre en compte dans leurs calculs, ce qui est le cas pour les gains de temps (Temps de parcours = Longueur / Vitesse) et pour les coûts liés à l'effet de serre (coût au litre = (consommation unitaire/100 km x Longueur) / 100).

Tableau 103. Effet d'une égalisation des longueurs sur le bénéfice et sur les avantages des effets non marchands. Cas de figure : Longueur Autoroute = Longueur Route

	Variations absolues	Variations relatives
Bénéfice socio-économique	-1 890 328 480 €	-78,0%
Gains de temps	-982 324 892 €	-55,9%
Gains Sécurité routière	-202 801 171 €	-39,8%
Coûts Effet de serre	-6 775 231 €	-18,4%
Gains Pollution → Coûts	-636 792 €	-113,7%

Source : SIMECO – Annexe (23)

Le fait de ne plus avoir de différence entre la longueur de l'autoroute et celle de la route entraîne une baisse de la rentabilité socio-économique. L'itinéraire autoroutier perd une partie de son intérêt. Le rapport des coûts de circulation entre les deux itinéraires se réduit, ce qui profite à la route. Il y a donc moins de trafic détourné de la route vers l'autoroute et il y a également moins de trafic induit par la nouvelle infrastructure.

De ce fait, le projet génère moins de gains de temps. Il génère aussi moins de gains de sécurité routière. Par ailleurs, le trafic étant globalement plus faible et privilégiant davantage la route, où les vitesses sont moins élevées, il y a par conséquent moins de coûts liés à l'effet de serre. Quant à la pollution atmosphérique les gains que nous avons dans le scénario auparavant sont devenus des coûts puisque, même s'il est plus faible, le trafic induit augmente le nombre de véhicules-kilomètres produit par l'autoroute. En comparaison avec la situation de référence, cela engendre un coût.

Tableau 104. Variation des niveaux de trafics dans le cas d'une égalisation des longueurs. Cas de figure : Longueur Autoroute = Longueur Route

Trafics	Variations absolues	Variations relatives
Trafic route	226 709	+302,4 %
Trafic Autoroute	-323 720	-46,2 %
<i>Dont détourné</i>	-226 709	-37,9 %
<i>Dont Induit</i>	-97 011	-93,6 %

Source : SIMECO / Trafics cumulés en véh/j sur la durée de concession

Revenons maintenant à la politique actuelle de baisse des vitesses et observons, à partir de ce nouveau scénario de référence dans lequel les longueurs des itinéraires sont identiques, quel est l'impact d'une baisse des vitesses de 10 % sur les résultats ?

Tableau 105. Effet d'une baisse des vitesses sur le bénéfice et sur les avantages des effets non marchands. Cas de figure : Longueur Autoroute = Longueur Route

	Variations absolues	Variations relatives
Bénéfice socio-économique	385 546 480 €	+72,2 %
Gains de temps	217 424 996 €	+28,1 %
Gains Sécurité routière	50 493 060 €	+16,5 %
Coûts Effet de serre	-7 173 538 €	-23,9 %
Coûts Pollution	257 858 €	+335,8 %

Source : SIMECO – Annexe (23)

Une baisse des vitesses a les mêmes effets sur l'évolution de la rentabilité que dans le cas où la longueur de l'autoroute est inférieure à celle de la route. Le bénéfice augmente. Les gains de temps et de sécurité routière augmentent. Les coûts liés à l'effet de serre baissent. Les coûts liés à la pollution atmosphérique augmentent. Par contre les impacts sont plus importants qu'auparavant.

C'est toujours le report plus important du trafic détourné et l'augmentation du trafic induit qui explique l'augmentation du bénéfice.

Tableau 106. Variations des niveaux de trafics entraînés par une baisse des vitesses. Cas de figure : Longueur Autoroute = Longueur Route

Trafics	Variations absolues	Variations relatives
Trafic route	-64 263	-21,3 %
Trafic Autoroute	86 611	+22,9 %
<i>Dont détourné</i>	64 263	+17,3 %
<i>Dont Induit</i>	22 348	+335,8 %

Source : SIMECO – Annexe / Trafics cumulés en véh/j sur la durée de concession

Que révèle cette baisse des vitesses en termes de variations des valeurs tutélaires ? Quelles sont les valeurs tutélaires qui permettraient à la collectivité d'arriver aux mêmes résultats qu'une baisse des vitesses ?

- Dans un premier temps, raisonnons sur l'ensemble des valeurs tutélaires en les faisant varier comme un 'package' et observons ce que les variations des vitesses impliquent, toutes choses égales par ailleurs, en termes de niveaux des valeurs tutélaires.

Pour arriver à ces résultats, nous prenons comme base le bénéfice issu du scénario de référence et nous recherchons les montants des valeurs tutélaires qui entraînent le même impact sur le bénéfice que les variations des vitesses sur nos deux réseaux.

Tableau 107. Baisse des vitesses de 10 % et équivalents monétaires des valeurs tutélaires

Valeurs tutélaires		Valeurs du scénario de référence	Equivalences valeurs tutélaires
Valeurs du temps €/véhicule/heure	Voyageurs	RN : 18,73 AC : 18,73	RN : 22,76 AC : 22,76
	Marchandises	38,15	39,60
Valeurs de la vie humaine	Tué €	1 000 000	1 214 731
	Blessé grave €	150 000	182 210
	Blessé léger €	22 000	26 724
Valeur de la tonne de carbone	€/tonne	100	121,5
Valeurs de la pollution €/100 véh.km	VP	0,10	0,12
	PL	0,60	0,73
Variation du « package » des valeurs tutélaires		-	+ 21,5 %

Source : SIMECO – Annexe (25)

Lecture du tableau : baisser les vitesses sur les deux réseaux de 10 % équivaut à augmenter de 21,5% l'ensemble des valeurs tutélaires.

Dans notre cas de figure, du point de vue du calcul économique et des méthodes et pratiques des évaluations de rentabilité socio-économique, ces résultats signifient qu'il est identique d'augmenter l'ensemble des valeurs tutélaires de 21,5% que de baisser les vitesses sur les deux réseaux concernés. Dans la pratique, cela signifierait que lors des études de rentabilité du projet d'autoroute (effectuées à l'année 2000 pour une mise en service en 2005), en prenant pour les calculs des valeurs tutélaires majorées de 21,5%, cela aurait le même impact sur le bénéfice qu'une prise en compte d'une baisse des vitesses de 10 % sur les deux itinéraires.

Dans un deuxième temps, raisonnons en ne faisant varier qu'une valeur à la fois et observons ce que les variations des vitesses impliquent, toutes choses égales par ailleurs, en termes de niveaux pour chacune d'entre elles.

Pour arriver à ces résultats, nous prenons comme base le bénéfice issu du scénario de référence et nous recherchons le montant de la valeur tutélaire qui entraîne le même impact sur le bénéfice que les variations des vitesses sur nos deux réseaux.

Valeurs tutélaires		Valeurs du scénario de référence	Valeurs du temps	Valeurs de la vie humaine	Valeurs de la tonne de carbone	Valeurs de la pollution
Valeurs du temps En €/véhicule/heure	Voyageurs	RN : 18,73 AC : 18,73	RN : 23,60 AC : 23,60			
	Marchandises	38,15	39,90			
Valeurs de la vie humaine En €	Tue	1 000 000		2 206 497 €		
	Blessé grave	150 000		338 475 €		
	Blessé léger	22 000		49 643 €		
Valeur de la tonne de carbone	€/tonne	100			- 1 183	
Valeurs de la pollution En €/100 véh.km	VP	0,10				- 502
	PL	0,60				- 3 012
Variation en %		-	+ 26 %	+ 126 %	- 1 183 %	- 502,056 %

Tableau 108. Baisse des vitesses de 10 % et équivalents monétaires pour chaque valeur tutélaire

Source : SIMECO – Annexe (25)

Lecture du tableau : baisser des vitesses sur les deux réseaux de 10 % équivaut à augmenter, par exemple, les valeurs de la vie humaine de 126 % ou à fixer la valeur de la tonne de carbone à -1 183 €.

Dans notre cas de figure ⁸¹, du point de vue du calcul économique et des méthodes et pratiques des évaluations de rentabilité socio-économique, ces résultats signifient qu'il est identique de baisser de 10 % les vitesses sur les deux réseaux :

- ou d'augmenter les valeurs du temps de 26 %,
- ou d'augmenter les valeurs de la vie humaine de 126 %,
- ou de prendre une valeur négative de la tonne de carbone de -1 183 €,
- ou de prendre des valeurs négatives de la pollution atmosphérique pour les VP de -502 € et pour les PL de -3 012 €.

Dans la pratique, cela signifierait que lors des études de rentabilité du projet d'autoroute (effectuées à l'année 2000 pour une mise en service en 2005), en appliquant pour les calculs une seule des valeurs tutélaires majorée, cela aurait le même impact sur le bénéfice qu'une prise en compte d'une baisse des vitesses de 10 % sur les deux itinéraires.

Nous nous trouvons avec ces résultats devant les limites de l'exercice auquel nous nous sommes livrés. Les frontières de validité de l'outil et du calcul économique apparaissent ici. Pour arriver à un même résultat, il est possible d'augmenter les valeurs du temps ou d'avoir une valeur négative de la tonne de carbone !

En raisonnant sur les prix fictifs des effets non marchands, nous arrivons à des

⁸¹ Par ailleurs, des modifications dans les hypothèses de départ changent les chiffres des résultats mais les conclusions auxquelles nous arrivons restent les mêmes. Les lecteurs pourront s'en rendre compte en manipulant l'outil disponible sur le Cd-rom et en s'aidant du guide utilisateur donné en annexe.

résultats paradoxaux. N'est-ce pas là une limite du calcul économique qu'une simple opération arithmétique – un changement de prix – puisse augmenter le bénéfice de la collectivité alors même que les volumes relatifs des avantages et des nuisances soient inchangés ou moins importants ? Quels enseignements pouvons-nous retirer de ces résultats ?

c) Valorisation des effets non marchands : privilégier le volume plutôt que les prix ?

Les résultats font apparaître deux limites.

- Premièrement, s'il est possible que la collectivité décide d'augmenter l'ensemble des valeurs tutélaires ou simplement les valeurs du temps ou bien celles de la vie humaine, il paraît impensable – encore plus aujourd'hui – d'avoir des valeurs négatives aux nuisances environnementales !
- Deuxièmement, ces résultats sont obtenus par construction, il y a un 'effet modèle', puisque dans l'étude d'évaluation, une variation des prix est le seul moyen d'atteindre le même bénéfice entraîné par une baisse des vitesses.

En fait ces résultats nous invitent à sortir d'une pure logique de calcul économique. Le 'calcul économique à l'envers' nous révèle les paradoxes d'un raisonnement effectué uniquement sur un changement dans le système des prix fictifs des effets non marchands. Par ailleurs, il permet de mettre en relief le rôle des quantités (des volumes) pour faire face aux contraintes du secteur des transports routiers et en particulier pour faire face à l'insécurité routière et les émissions de CO₂.

La collectivité, en poursuivant sa politique en faveur de la sécurité routière, affiche sa préférence pour un changement dans les volumes relatifs des avantages et des nuisances sans toutefois exprimer clairement ce que pourrait être les prix fictifs.

Le calcul économique à l'envers permet de nous enseigner qu'il n'est pas économiquement injustifié de baisser les vitesses sur les routes, bien au contraire. En abaissant les vitesses sur les routes, la collectivité est gagnante à plus d'un titre, puisque son bénéfice socio-économique augmente. Cela fait gagner du temps à un plus grand nombre d'usagers. La sécurité routière est renforcée et, globalement, la baisse des consommations de carburant réduit les émissions de CO₂. Et si du point de vue du calcul économique nous pouvons avoir les mêmes résultats en jouant sur le système de prix fictif (en augmentant ou baissant les valeurs tutélaires), une baisse des vitesses a l'avantage de faire bénéficier à la collectivité d'une modification plus importante des volumes relatifs des avantages et des nuisances.

Il semble bien que cela soit l'objectif visé et la préférence affichée par la collectivité à travers la poursuite de la politique de baisse des vitesses.

Conclusion

Ce chapitre avait un double objectif. D'une part de montrer la sensibilité des résultats aux différentes variables de calculs et de comparer le poids relatif de ces variables dans la détermination du bénéfice pour la collectivité. D'autre part de montrer que le calcul économique, au-delà de ses limites, peut nous aider à révéler les préférences de la collectivité, implicites ou affichées, lorsqu'elle poursuit sa politique de réduction des vitesses.

À partir des élasticités apparentes issus des tests de sensibilité que nous avons effectués, nous pouvons faire ressortir quelques enjeux concernant les évaluations socio-économiques.

- Concernant les variables situées en amont du calcul économique

Un véritable enjeu pour les évaluations socio-économiques consiste à ce que l'écart entre les études *a priori* et *a posteriori* soit le plus faible possible. Cela passe par la fiabilité des hypothèses macro-économiques de croissance de l'économie, la précision des études de trafic et leur évolution et les prévisions de coûts d'investissement. Ces variables sont susceptibles de faire basculer la rentabilité socio-économique d'un projet. La précision de ces hypothèses constitue un enjeu important pour la crédibilité du calcul économique.

Un autre enjeu concerne ce que nous pouvons appeler les 'variables de projets'. Elles dépendent pour la plupart des choix de la puissance publique et/ou des concessionnaires ou simplement de l'environnement et du contexte dans lesquels s'inscrit la nouvelle infrastructure. Ce sont celles qui touchent directement ou indirectement aux temps de parcours des véhicules et par conséquent au bénéfice qu'engendre la nouvelle infrastructure. Les vitesses autorisées font parties de ces variables, qui par ailleurs peuvent avoir d'autres effets bénéfiques, notamment sur les nuisances environnementales.

- Concernant les variables situées au cœur du calcul économique ou valeurs tutélaires

Il y a réellement parmi ces valeurs deux catégories. D'un côté, les valeurs du temps, surtout celles des voyageurs. De l'autre côté, toutes les autres. L'importance des gains de temps dans les avantages qu'apporte un nouvel itinéraire, soit parce qu'il est plus court et/ou parce que la vitesse autorisée y est plus élevée, relègue les autres valeurs tutélaires, notamment celles liées aux nuisances environnementales (effet de serre et pollution atmosphérique), à de simples considérations collectives des phénomènes. Seules les valeurs de la vie humaine se démarquent et ont un poids un peu plus important dans le niveau du bénéfice.

Ainsi, d'un côté, des efforts sont réalisés pour inclure dans le calcul économique les différents effets non marchands liés aux transports, mais d'un autre côté, certains d'entre eux sont sous représentés dans les résultats de rentabilité. Cette différence de traitement peut nous laisser penser que la collectivité a peu de considération pour ces effets.

C'est sur ce constat que nous avons débuté notre réflexion sur les préférences de la collectivité dans la valorisation des effets non marchands. En nous intéressant à la politique actuelle en faveur de la sécurité routière et aux propositions avancées face au réchauffement climatique, nous avons essayé de savoir si cette différence de

considération était aussi nette qu'elle ne le préfigurait.

L'avantage qu'apportent les gains de temps dans la rentabilité socio-économique d'un projet n'est plus à démontrer. Pourtant les valeurs du temps en interurbain sont peut-être surévaluées par rapport à ce qu'estime la collectivité. En baissant la vitesse sur autoroute, elle réduit les gains de temps des usagers. C'est ce qui pourrait nous laisser penser que la collectivité ait une préférence pour des valeurs du temps plus faibles. Mais c'est sans compter sur le fait que la limitation de la vitesse a pour objectif la réduction des émissions de CO₂. L'analyse que nous avons faite, en faisant du 'calcul économique à l'envers', a révélé que la puissance publique en abaissant la vitesse sur les autoroutes interurbaines affecterait à la valeur de la tonne de carbone un montant plus élevé qu'il ne l'est actuellement. Ce résultat obtenu par équivalence monétaire permet de révéler qu'en limitant la vitesse sur autoroute à 120 km/h pour les VP, la collectivité afficherait clairement sa volonté de réduire les émissions de CO₂. Cette volonté se caractériserait par une valeur de la tonne de carbone plus élevée.

Par ailleurs, la politique actuelle en faveur de la sécurité routière, qui a pour effet d'abaisser les vitesses sur les routes, ne détériore pas le bilan socio-économique pour la collectivité. En détériorant les conditions de circulation de nos deux réseaux, la collectivité avantage l'itinéraire le plus rapide. Le report du trafic sur les voies plus rapides au détriment des voies plus lentes, engendre au final des gains de temps supérieurs (avec un plus grand nombre d'usager), une baisse de la gravité des accidents et une baisse des consommations de carburant et par conséquent des émissions de polluants engendrées. Sans rien nous dire sur les préférences de la collectivité pour un changement des prix des effets non marchands, le calcul économique à l'envers nous a permis de montrer que derrière la politique actuelle, il y a un objectif en termes de volumes des nuisances. Moins de morts et de blessés sur les routes et moins d'émissions de CO₂, apparaissent bien comme des objectifs clairement affichés par la collectivité.

Ainsi l'amélioration de la situation des contraintes d'insécurité routière et de réchauffement climatique n'est pas figée au seul changement des prix fictifs même si le niveau des prix peut venir orienter les décisions prises dans le domaine des transports routiers. C'est ce qui s'est passé par exemple, suite à la réévaluation des valeurs de la vie humaine en 2001, avec toutes les mesures prises en faveur de la sécurité routière et qui ont été suivies d'une baisse importante du nombre de tués sur les routes. La revalorisation importante des valeurs a eu pour effet d'envoyer un signal fort à la société. Nous pouvons penser qu'une augmentation de la valeur de la tonne de carbone permettrait aussi d'envoyer un tel signal, signifiant que le réchauffement climatique est un problème qu'il faut régler.

Parallèlement à cet effet prix-signal, l'amélioration de la situation des contraintes peut aussi être obtenue en jouant sur les volumes des nuisances. La collectivité, en abaissant les vitesses, semble avoir fait ce choix pour l'instant.

Conclusion générale

La légitimité du calcul économique est régulièrement contestée, ses conclusions quelquefois ignorées. Il lui est reproché de se focaliser sur les questions d'efficacité économique, d'ignorer les enjeux éthiques et environnementaux auxquels renvoient les choix publics et d'être trop réducteur pour pouvoir être pris en compte dans la réalité des processus de décision.

Le calcul économique est ainsi remis en cause. Pour se convaincre de cette défiance à son égard, il suffit d'observer l'attention particulière dont il fait l'objet à travers les groupes de travail, les commissions ou les documents administratifs. Tous tentent de rappeler l'utilité et l'importance de la place du calcul économique dans le processus de décision.

- Ainsi, les deux rapports 'Boiteux' ont rappelé que : « le calcul économique, malgré ses insuffisances, est encore ce qu'il y a de mieux pour évaluer des projets d'investissement » (CGP, 1994) ou encore que : « l'intérêt de faire du bilan socio-économique, non le critère mais le noyau de l'estimation de la valeur d'un projet, c'est de permettre une analyse des raisons pour lesquelles on est conduit à s'écarter de la solution à laquelle ce seul bilan aurait conduit, et de pouvoir ainsi chiffrer le surcoût de la décision. » (CGP, 2001).
- Plus récemment, l'instruction-cadre du 25 mars 2004 sur les méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport précisait que le bénéfice socio-économique « est le meilleur critère d'appréciation de l'efficacité

socio-économique d'une décision [et qu]'il est justifié d'en faire le noyau des données dont le décideur a besoin pour prendre sa décision. »

- Dernièrement, le rapport 'Lebègue' soulignait que : « l'essence même du calcul économique public [est] d'apporter dans les choix collectifs un éclairage sur l'efficacité socio-économique des ressources rares mobilisées et des fonds publics investis. [II] apparaît donc, au regard des préoccupations d'efficacité et de bon usage des fonds publics, comme un instrument essentiel. » (CGP, 2005).

Devant tant de déconsidérations d'un côté et d'efforts de réhabilitation de l'autre, il ne faisait aucun doute, au moment où nous avons débuté ce travail, que le calcul économique constituait un sujet de grand intérêt. Nous tenions là notre objet d'étude. Il ne nous manquait plus qu'à trouver matières à le problématiser. L'actualité nous a fourni les éléments adéquats.

A l'époque les débats sur le calcul économique coïncidaient, entre autres, avec ceux liés à l'insécurité routière et ceux liés au réchauffement climatique. Les bilans annuels des accidents de la route étaient mauvais, environ 8 000 morts sur les routes françaises. Il n'y avait pas eu d'améliorations significatives depuis longtemps. La France était considérée comme le mauvais élève de l'Europe. En 2000, la sécurité routière fut même déclarée grande cause d'intérêt national. Quant au réchauffement climatique, ses conséquences visibles (tempête, canicule, inondation) se sont invitées de plus en plus à la une des médias. Le problème a commencé à être considéré par la société civile comme un sujet sérieux qui ne devait plus rester cantonné à la communauté scientifique.

Du point de vue du calcul économique, les coûts engendrés par les accidents de la route et ceux liés aux conséquences économiques et environnementales du réchauffement climatique étaient déjà pris en compte par le biais de la démarche de valorisation mise en œuvre dans les calculs de rentabilité de projets. Malgré tout, les questions soulevées par les enjeux économiques et environnementaux de ces deux effets externes venaient alimenter les critiques à l'égard du calcul économique.

L'insécurité routière et le réchauffement climatique nous sont apparus comme de véritables contraintes auxquelles le calcul économique devait faire face. Encore aujourd'hui d'ailleurs, bien que des progrès aient été réalisés en matière de sécurité routière et malgré une prise de conscience croissante des conséquences du réchauffement climatique, les questions de la prise en compte de ces deux effets externes, de leurs coûts et de leur prix fictif restent d'actualité.

Les derniers bilans mensuels⁸² de sécurité routière, sans pour autant être alarmistes, viennent nous rappeler que l'amélioration de la situation et les coûts économiques évités ne sont pas définitivement acquis. La tendance à la décroissance pourrait de nouveau atteindre un seuil qui demanderait pour le franchir de nouveaux moyens financiers, lesquels seront beaucoup plus importants que ceux engagés jusqu'à présent. Quant au réchauffement climatique, à l'heure où le dernier rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat vient de sortir, il reste au cœur des

⁸² Le nombre de tués par rapport au même mois de l'année précédente a augmenté de + 4,6 % en décembre 2006, de + 13,9 % en janvier 2007 et de +4,5 % en février 2007.

préoccupations. Les coûts annoncés des conséquences liées aux gaz à effet de serre placent la résolution de l'équation entre développement économique et développement durable comme un des principaux enjeux du 21^{ème} siècle.

Avec ces deux contraintes du secteur des transports routiers, nous avons là les éléments pour illustrer notre travail. Nous nous sommes posés alors plusieurs questions. Quels sont le rôle et l'intérêt du calcul économique ? Comment oriente-t-il les décisions ? Comment prend-il en compte ces deux contraintes ? Que peut-il nous révéler sur les préférences collectives ? Voici les questions qui résument la trame de fond de ce travail.

Nous avons décidé d'aborder le sujet d'une manière didactique et pragmatique, l'utilisation d'outils opérationnels venant appuyer cette approche.

Notre démarche s'est déroulée en plusieurs temps :

- Le premier chapitre a permis de présenter les bases du calcul économique, les contraintes auxquelles il doit faire face et la façon dont il les prend en compte. Ce chapitre introductif nous a permis de voir que le calcul économique, malgré ses insuffisances, s'inscrit dans un processus de tâtonnement qui permet de se rapprocher au mieux de la réalité.
- Le deuxième chapitre a montré l'utilité d'utiliser de valeurs normalisées (tutélaires) pour réaliser des calculs de rentabilité lorsque la collectivité se trouve devant des choix d'investissement. Ceux à réaliser dans le domaine de la sécurité routière sont de bons exemples pour illustrer l'intérêt de disposer du calcul économique.
- Le troisième chapitre a exposé les méthodes d'évaluation des projets d'infrastructures routières en rase campagne et celles de calcul des effets non marchands. Cette présentation de la formalisation et de la normalisation des calculs a permis de rendre compte des pratiques mises en œuvre afin de comparer les projets sur les mêmes bases, avec un même langage.
- Le quatrième chapitre a permis de mener une réflexion sur les valeurs tutélaires retenues dans les évaluations de projets. Si les effets non marchands n'ont pas le même poids dans la détermination du bilan socio-économique, une pratique du 'calcul économique à l'envers' nous a enseigné qu'une action sur les volumes relatifs des nuisances permettait d'atteindre le même objectif que celui escompté par une modification du prix des effets non marchands.

Cette démarche est assez représentative des évolutions de nos connaissances et de notre approche de l'objet d'étude.

Lorsque nous avons débuté ce travail, nous étions apprenants sur le sujet. Notre première approche du calcul économique a été celle que nous avons pu avoir dans le domaine de la sécurité routière à travers nos travaux pour le programme de recherche ARCOS auquel nous avons participé. À cette époque, les bilans annuels des accidents de la route stagnaient et aucune amélioration ne se profilait à l'horizon. Certains pensaient alors, compte tenu des caractéristiques des réseaux routiers français et du niveau des trafics, que les bilans des accidents de la route, comparativement aux pays dans lesquels les chiffres étaient inférieurs, n'étaient pas si mauvais que ça. Devant la stagnation de la

situation, nous n'étions pas loin de penser la même chose.

À la suite du rapport du Commissariat Général du Plan sur le choix des investissements et le coût des nuisances (CGP, 2001), les valeurs de la vie humaine ont été significativement réévaluées. Un an après des mesures en faveur de la sécurité routière furent mises en place et permirent de faire fortement baisser le nombre de morts. Ainsi, au moment où le calcul économique public révélait une disponibilité à payer deux fois plus forte pour réduire la mortalité routière, des mesures réglementaires de grande ampleur étaient prises, avec le succès que nous connaissons.

Du point de vue du calcul économique, cette corrélation soulignait une relation qui nous est apparue intéressante. Elle semblait montrer qu'une modification dans le système des prix fictifs des effets non marchands pouvait avoir des effets positifs sur le niveau des nuisances des transports routiers. L'augmentation des valeurs de la vie humaine en envoyant un signal fort envers les décideurs publics a entraîné une baisse des accidents. S'appuyant à la base sur les préférences individuelles, les valeurs témoignent désormais d'une préférence collective durable en faveur de la sécurité routière.

Le calcul économique nous apparaissait alors, pour reprendre une expression comme *un éducateur de jugement* (Baumstark, 2004b), et un véritable instrument d'aide à la décision. Les questions du prix et du poids des autres effets non marchands dans les évaluations de projets étaient alors posées.

Suite aux questions de fond soulevées par le rapport d'audit sur les grandes infrastructures de transports (CGPC, Inspection Générale des Finances, 2003), notamment sur l'intérêt du calcul économique, et de celles liées aux enjeux environnementaux relatifs au réchauffement climatique (CGP, 2005), nous avons élargi notre champ d'analyse à celui des évaluations socio-économiques de projets d'infrastructures routières.

Cette nouvelle approche du calcul économique nous permettait de prendre en compte d'une part, les critiques résultantes de ces questions et d'autre part, d'ancrer les effets non marchands dans le cœur du débat sur les prix fictifs à incorporer dans le processus de production des indicateurs de rentabilité.

Comme nous avons pu le constater, les valeurs du temps, et dans une moindre mesure les valeurs de la vie humaine, ont un poids important dans les résultats finaux des évaluations, contrairement à celui de la valeur de la tonne de carbone, qui reste négligeable. Dès lors, la question d'une augmentation de la valeur de la tonne de carbone apparaissait toute légitime.

Pourtant, si une réévaluation de la valeur de la tonne de carbone serait un bon moyen d'envoyer un prix-signal à la société civile pour montrer que la collectivité considère plus sérieusement encore le problème de l'effet de serre, il ne faut pas oublier que la fixation de la valeur de la tonne de carbone s'inscrit dans un cadre un peu différent de celui des valeurs de la vie humaine. Le réchauffement climatique est un phénomène mondial dont les causes ne sont pas imputables à un seul pays. Les conséquences d'une augmentation significative de la valeur de la tonne de carbone en termes économiques et sociaux dépassent le seul cadre national et le seul secteur des transports routiers. Par ailleurs, le calcul économique à l'envers nous a montré la limite de raisonner dans une

pure logique marchande dans laquelle le rôle des prix serait le seul levier d'action.

Au terme de ce travail, il est pour nous évident que la problématique de l'effet de serre doit être considérée à travers la fixation d'une valeur de la tonne de carbone. Cette valeur, tout comme celles de la vie humaine, doit représenter l'effort et l'engagement collectifs pour résoudre les nuisances entraînées par l'activité humaine. Cependant force est de constater que pour atteindre un objectif de réduction de nuisances un changement du prix fictif peut être un levier, comme dans le cas de l'insécurité routière, mais ce n'est pas le seul. Le calcul économique à l'envers nous a enseigné qu'il ne faut pas mésestimer les leviers d'actions permettant de jouer sur les quantités. Dans cette optique, les mesures de la politique actuelle en faveur de la sécurité routière qui tendent à faire baisser les vitesses sur les réseaux routiers sont une bonne illustration du rôle que peuvent avoir également des actions sur les quantités.

Ainsi nous étions partis d'un raisonnement dans lequel le calcul économique était à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers. Nous pourrions nous demander maintenant si, à l'inverse, ce ne sont pas ces contraintes qui sont à l'épreuve du calcul économique. En oubliant l'idée selon laquelle le calcul économique détient la vérité, il apparaît être un instrument pertinent en mettant en lumière les implications de divers choix.

Bibliographie

- Abraham C., "L'étude économique des investissements routiers", *Revue Économique*, volume 12, n°5, 1961, p. 755- 780.
- Abraham C., Thédié J., "Le prix de la vie humaine dans les décisions économiques", *Revue française de recherche opérationnelle*, n°16, 3^{ème} trimestre, Paris, 1960, p. 157-167.
- Ambrosini C., Arabeyre A., Denant-Boèmont L., Faivre d'Arcier B., Guihéry L., Hammiche S., Hausberg C., "Mise en œuvre du calcul économique appliqué aux infrastructures de transport terrestre, Pratiques actuelles et questions méthodologiques dans quelques pays industrialisés", rapport pour la DAEI, MELTT, Laboratoire d'Économie des Transports, juillet 2001, 100 p. + CD ROM.
- ADEME, "Émissions de polluants et consommation liées à la circulation routière, Paramètres déterminants et méthode de quantification", ADEME Éditions, Paris, 1998, 112 p.
- ADEME, Logiciel IMPACT, Version 1.0, Paris, 1998 + Guide de l'utilisateur.
- Arrow K.J., "Effet de serre et actualisation", *Revue de l'Énergie*, n°471, 1995, p. 631-636.
- Baumstark L., "La construction de valeurs socio-économiques environnementales : l'économiste dans la posture du passeur", Colloque : Économie et aide à la décision, Association Française de Science Économique, Rennes, 19 mai 2004a, 21 p.

- Baumstark L., "La valeur économique de la vie humaine : définition d'une valeur tutélaire", Acte du colloque tenu à Béziers à l'Université Paul Valéry – Montpellier III le 13 décembre 2003, La vie humaine a-t-elle un prix ? La société face à l'accident et au crime, Collection Études, Presse Universitaire de Perpignan, 2004b, p. 49-71.
- Bourrié-quenillet M., "Le droit, le juge et le prix de la vie humaine", Acte du colloque tenu à Béziers à l'Université Paul Valéry – Montpellier III le 13 décembre 2003, La vie humaine a-t-elle un prix ?, La société face à l'accident et au crime, Collection Études, Presse Universitaire de Perpignan, 2004, p. 93-112.
- Bristow AL., Nellthorp J., "Transport Project Appraisal in the European Union", *Transport Policy* 7(1), 2000, p. 51-60.
- CERTU, SYSTRA, "Compte National du Transport de Voyageurs (1998)", Rapport au ministre de l'Équipement, des Transports et du Logement, février 2001.
- CERTU, "Évaluation des transports en commun en site propre, Recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP", Guide technique n°25, 2002, 144 p.
- CERTU, INRETS, LTE, UMRETTE, LET, "10 ans de monétarisation des effets locaux de la pollution atmosphérique", Tome 1 et 2, Recherche conjointe financée par la DRAST dans le cadre du PREDIT 1996-2001, avril 2002. Disponible sur : <http://www.innovations-transport.fr/IMG/pdf/196-R00MT87TOME1.pdf> et <http://www.innovations-transport.fr/IMG/pdf/196-R00MT87TOME2.pdf> (consulté le 09 novembre 2006).
- Chevasson G., Crozet Y., "Etat de l'art sur le prix de la vie humaine dans le domaine de la sécurité routière", Rapport dans le cadre du programme ARCOS (Action de recherche pour une conduite sécurisée), 2003. 61 p.
- CITEPA, "Émissions dans l'air en France métropole, substances impliquées dans le phénomène d'accroissement de l'effet de serre", mise à jour 14 avril 2006. Données disponibles sur : http://www.citepa.org/emissions/nationale/Ges/Emissions_FRmt_GES06.pdf (consulté le 09 novembre 2006)
- CITEPA, "Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – Séries sectorielles et analyses étendues", février 2006. Disponible sur : http://www.citepa.org/publications/secten_fevrier_2006.pdf (consulté le 09 novembre 2006).
- Cohen de Lara M., Dron D., "Évaluation économique et environnement dans les décisions publiques", *Courrier de l'environnement de l'INRA*, n°33, 1998, p. 23-38.
- Cohen S., *Ingénierie du trafic routier*, Éléments de théorie du trafic et applications, Presses de l'école nationale des Ponts et Chaussées, 1990, 246 p.
- Cohen S., "Évolution de la capacité des infrastructures : un exemple sur une voie rapide urbaine", *Recherche-Transports-Sécurité*, n°47, juin 1995, p. 3-9.
- Cohen S., Duval H., Lassare S., Orfeuill J-P., *Limitation de vitesse, les décisions publiques et leurs effets*, Collection Transport et Sécurité, INRETS, Éditions HERMES, Paris, 1998, 199 p.
- Commissariat Général du Plan, "Transports 2010", Paris, La Documentation Française, janvier 1992, 516 p.

- Commissariat Général du Plan, "Transports : pour un meilleur choix des investissements", Paris, La Documentation Française, 1994, 132 p.
- Commissariat Général du Plan, Rapport du Club 1999 "Énergie, prospective et débats", Étude 1, Blanchard O., Criqui P., "Le concept de « valeur de carbone » évaluation et applications dans les politiques de lutte contre le changement climatique", CNRS-IEPE Grenoble, 1999, 39 p.
- Commissariat Général du Plan, "Transport : choix des investissements et coûts des nuisances", Paris, La Documentation Française, 2001, 328 p.
- Commissariat Général du Plan, "Le prix du temps et la décision publique, Révision du taux d'actualisation publique", Paris, La Documentation Française, 2005, 96 p.
- Commission Européenne, Livre vert : "Vers une tarification équitable et efficace dans les transports – Options en matière d'internalisation des coûts externes des transports dans l'Union Européenne", Document COM(95) 691, 1995, 88 p.
- Commission Européenne, "Guide de l'analyse coûts-avantages des projets d'investissement", Publié par la Direction Générale Politique régionale 2003, 152 p.
- Commission Européenne, Direction générale Transport, Direction générale Science, recherche et développement, "Coût socio-économique des accidents de la route", COST 313, Rapport final, Luxembourg, 1994.
- Conférence Européenne des Ministres des Transports, "Évaluation économique des mesures de sécurité routière", Table ronde 117, Éditions OCDE, novembre 2001, 188 p.
- Conférence Européenne des Ministres des Transports, "Évaluer les avantages des transports", Éditions OCDE, avril 2001, 216 p.
- Conseil Général des Ponts et Chaussées, Inspection Générale des Finances, "Rapport d'Audit sur les grands projets infrastructures de transport", Paris, La Documentation Française, février 2003, 112 p.
- Conseil National des Transports, "Les transports et l'environnement, Vers un nouvel équilibre", Paris, La Documentation Française, 1999, 176 p.
- Cour des Comptes, Rapport au Président de la République, "La politique routière et autoroutière : évaluation de la gestion du réseau national", mai 1992, 144 p.
- Cour des Comptes, Rapport au Président de la République, "La politique autoroutière française", juin 1999, 440 p.
- Crozet Y., Chi A., Faivre d'Arcier B., "Étude sur quelques variables stratégiques pour la SNCF, Présentation des outils classiques du calcul économique et réflexion sur la rentabilité et le taux d'actualisation", Rapport pour le compte de la Direction de la Stratégie de la SNCF, Laboratoire d'Économie des Transports, décembre 2001, 55 p.
- Crozet Y., Bagard V., Chevasson G., "Valeur de la vie humaine et sécurité routière : de l'incubation à l'émergence de nouvelles préférences collectives", *Transport*, n° 422, 2003, p. 359-367.
- Crozet Y., "Calcul économique et démocratie : des incertitudes technocratiques au tâtonnement politique", *Cahiers d'économie politique*, n°47, 2004, p. 155-172.
- Desaigues B., Rabl A., "Reference values for human life: an econometric analysis of a contingent valuation in France" in Nathalie Schwab and Nils Soguel, "Contingent

- Valuation, Transport Safety and Value of Life", Kluwer, Boston, 1995.
- Direction des Affaires Économiques et Internationales – Services Économique et Statistique, "La demande de transport en 2025, Projections des tendances et des inflexions", octobre 2004, 97 p.
- Direction des routes et de la circulation routière (DRCR), "Un modèle de choix des usagers entre itinéraires concurrents", Rapport d'étude, août 1980.
- Dupuit J., "Dictionnaire de l'économie politique", Coquellin et Guillaumin, 4^e édition, tome 2, Paris, 1873, p. 846-854.
- Duval H., Filou C., Jaecqi P., "La valeur collective de la sauvegarde d'une vie humaine", INRETS, Rapport final, Paris, 1993.
- Duval, H., Filou C., Molenda F., "La valeur collective d'une réduction du nombre de blessés de la route", Rapport DERA n°9615, INRETS, novembre 1996, 55 p.
- Etner F., *Histoire du calcul économique en France*, Paris, Economica, 1987, 302 p.
- Faivre d'Arcier B., Marlot G., Peguy P-Y., Bonnafous A., "Conditions et pertinence du financement des infrastructures autoroutières au niveau régional. Les mécanismes de financement des projets et les variables clés de la rentabilité des investissements", Rapport d'étape pour le compte de la Direction des Transports et des Communications au Conseil Régional Rhône-Alpes, Laboratoire d'Économie des Transports, 2002, 60 p.
- Gamot G., *Actualisation et investissement*, Ed Economica, 1990, 269 p.
- George B., "La concession autoroutière en France", Structure financière, *Revue d'économie financière*, Hors série 1991, p. 211-226.
- Giblin J.P., "De la cohérence du calcul économique avec les choix politiques", note interne, Conseil Général des Ponts et Chaussées, novembre 2003.
- Godard O., "Autour des conflits à dimension environnementale : Évaluation économique et coordination dans un monde complexe", *Cahiers d'économie politique*, n°47, Paris, L'Harmattan, 2004, p. 127-153.
- Grandjean.A, Henry.C, "Choix autoroutier et calcul économique", *Revue d'économie politique*, 95^eme année – n°1, 1985, p. 1-26.
- GIEC, "Bilan 2001 des changements climatiques : Les éléments scientifiques", Contribution du Groupe de travail I au troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, UK, 944 p.
- GIEC, "Bilan 2001 des changements climatiques : Conséquences, adaptation et vulnérabilité", Contribution du Groupe de travail II au troisième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Cambridge University Press, UK, 1000 p.
- Héran F., "Transports en milieu urbain : les effets externes négligés : monétarisation des effets de coupure, des effets sur l'affectation des espaces publics et des effets sur les paysages", Ministère des Transports, DRAST, PREDIT, IFRESI, Paris, La documentation Française, 2000, 117 p.
- Infras/IWW, "External Costs of Transport – Accident, Environment and Congestion in Western Europe", Zürich and Karlsruhe, 2000, 333 p. Disponible sur : (consulté le 09

- novembre 2006)
http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd_external/docs/externalcosts_previous_en.pdf
- Jeanjean P., *Le calcul économique*, Que sais-je ?, n°1625, Presse Universitaire Française, 1975, 128 p.
- INRETS, "Monétarisation des conséquences des accidents de la route", Collection Transports et Communication, n°56, Orléans : Édition Paradigme, 1996, 187 p.
- Lambert J, Matheron J, "Les méthodes quantitatives d'évaluation de l'impact sur l'environnement des programmes et projets de transports terrestres", Séminaire international 9 et 10 décembre 1993 – Paris, Actes INRETS n° 41, décembre 1994.
- Lamure C., Lambert J., "Impact des transports terrestres sur l'environnement, Méthodes d'évaluation et coûts sociaux", Synthèse INRETS n°23, septembre 1993, 101 p.
- Laure A., Abraham C., "Étude des programmes d'investissements routiers", *Annales des Ponts et Chaussées*, n°30, 1959, p. 735-760.
- Le Net M., "Le prix de la vie humaine, Calcul par la méthode du capital humain compensé", Tome I, Commissariat Général du Plan, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme, 2ème édition actualisée, 1994-a, 178 p.
- Le Net M., "Le prix de la vie humaine, Calcul par la méthode des préférences déclarées", Tome II, Commissariat Général du Plan, École des Mines de Paris, Électricité de France, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, 1994-b, 126 p.
- Lesourne J., *Le calcul économique : théorie et application*, Paris, Dunod, 1972, 464 p.
- Loi d'Orientation des Transports Intérieurs, Publication au JORF du 31 décembre 1982, Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982. Consultable sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
- Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie, Publication au JORF du 1er janvier 1997, LOI n°96-1236 du 30 décembre 1996. Consultable sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
- Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire, Publication au JORF du 29 juin 1999, Loi n°99-533 du 25 juin 1999. Consultable sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/>
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Rapport du Groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 », sous la présidence de Christian de Boissieu, Paris, La Documentation Française, août 2006, 77 p.
Disponible sur : <http://lesrapports.ladocumentationfrancaise.fr/BRP/064000757/0000.pdf> (consulté le 09 novembre 2006).
- Ministère de l'Équipement et du Logement, Division des Études et des Programmes, "Calculs de rentabilité des investissements routiers", Circulaire du 20 janvier 1970.
- Ministère de l'Équipement et du Logement, Direction des routes et de la circulation routière, "Calculs de rentabilité appliqués aux investissements routiers", Manuel d'application du 25 juin 1970 annexe à la circulaire du 20 janvier 1970.
- Ministère de l'équipement, Direction des routes et de la circulation routière, Division des Études et des Programmes, "Calculs de rentabilité appliqués aux investissements

routiers", modifications apportées à la circulaire du 20 janvier 1970, 14 novembre 1974.

Ministère des transports, Direction générale des transports intérieurs, "Instruction sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers en rase campagne", mars 1980.

Ministère des transports, Direction générale des transports intérieur, "Instruction sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers en rase campagne", Manuel d'application, mars 1982.

Ministère de l'Urbanisme, du Logement et des Transports, Direction des Routes, Direction des routes, "Instruction relatives aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne", mars 1986.

Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Équipement et des Transports, "Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructure de transport", 3 octobre 1995.

Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme, Conseil général des Ponts et Chaussées, Ministère de l'Économie et des Finances, Direction de la Prévision, Document de travail, "Transports urbains et calcul économique", 1997, 74 p. Disponible sur : http://www.etudiants.ch/upload/documents/Admin/etufile_434_97-1.pdf (consulté le 09 novembre 2006).

Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Direction des Routes, "Instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne", octobre 1998.

Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer, "Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport", 25 mars 2004, Mise à jour le 27 mai 2005.

Ministère de l'Équipement, des Transports, du Tourisme et de la Mer, Service Économie, Statistiques et Prospective, "Compte des transports 2005", 43^{ème} rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation, juin 2006. Disponible sur : http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=399 (consulté le 09 novembre 2006).

Mission Interministérielle de l'Effet de Serre, Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, "La division par 4 des émissions de dioxyde de carbone en France d'ici 2050", Rapport de Mission, Mars 2004, 32 p. Disponible sur : <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/fr/etudes/Facteur4FrancePR.pdf> (consulté le 09 novembre 2006).

Observatoire national interministériel de sécurité routière (ONSIR), "Bilan annuel de la sécurité routière en France", Paris, La Documentation Française, bilan annuel.

Orselli J., "Les Français ne sont pas si mauvais conducteurs !", *La recherche*, n° 342, mai 2003a, p. 68-70.

Orselli J., "L'analyse statistique des variations spatio-temporelles des accidents de la route", Conseil général des ponts et chaussées, Paris, juin 2003b, 205 p.

Rollin O., "La demande de transport en 2025 - Éléments d'évaluation

-
- environnementale", Notes de synthèse du SES n° 157, DAEI, 2005, p. 19-26.
Disponible sur :
http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/NS157-19-26_cle6232b1.pdf
(consulté le 09 novembre 2006).
- Roy B., Damart S., "L'analyse Coûts-Avantages, outil de concertation et de légitimation ?", *Métropolis*, 2001, n°108/109, p. 7-16.
- Sauvy A., *Coût et valeur de la vie humaine*, Édition Hermann, 1977, Paris, 210 p.
- SETRA-CSTR, "Coût des autoroutes de liaison construites par les sociétés d'économie mixte", Note d'information n°29, janvier 1992.
- SETRA-CSTR, "Coût des autoroutes de liaisons construites par les sociétés d'économie mixte", Note d'information n°39, juin 1993.
- SETRA-CSTR, "Échelonnement des investissements sur un grand chantier routier", Note d'information n°64, avril 2000.
- SETRA, "Fonction temps-débit sur les autoroutes interurbaines, Rénovation des relations entre temps de parcours et débit pour la simulation du trafic", Rapport technique, 2001, 68 p.
- Schultz W.T, "Investment in human capital", *American Economic Review*, 1961, p. 1-17.
- Walliser B., *Le calcul économique*, Coll. Repères, La Découverte, Paris, 1990, 126 p.

Annexes

1. Le Cd-rom

Le Cd-rom fourni avec le manuscrit contient :

1. L'outil SIMSEC en format Excel

L'outil SIMSEC, que nous avons utilisé pour le chapitre deux, permet de simuler les coûts économiques engendrés par les accidents de la route à un horizon donné. Il permet également de déterminer dans le cadre du projet ARCOS, le montant que la collectivité serait prête à investir pour le déploiement de systèmes de sécurité embarqués à bord des véhicules.

2. L'outil SIMECO en format Excel

L'outil SIMECO, que nous avons présenté dans le chapitre trois et que nous avons utilisé dans le chapitre quatre, permet de simuler des études de rentabilité socio-économique de projets routiers situés en rase campagne.

3. Le détail des résultats présentés dans le chapitre IV

3.1) Les calculs des élasticités apparentes du bénéfice aux variables

Les résultats sont présentés sous forme de feuille de calculs Excel. Ils y sont déclinés

selon les trois scénarios de référence. Ils concernent les variables suivantes :

- Pour les variables situées en amont du calcul économique
 - Les variables du niveau de service offert : La longueur de tracé du projet ; Le niveau de trafic existant à l'année d'étude ; Les vitesses sur route ; Les vitesses sur autoroute ; Les vitesses sur les réseaux.
 - Les variables de coût du projet : Le coût d'investissement ; Les dépenses d'entretien et d'exploitation.
 - Les variables liées à l'affectation des trafics : L'exposant de la loi d'affectation des trafics ; Les frais de fonctionnement VP ; Les frais de carburant VP ; Le malus d'inconfort VP ; Le tarif de péage VP ; Les frais de fonctionnement PL ; Les frais de carburant PL ; Le tarif de péage PL.
 - Les variables macro-économiques : Les taux de croissance des trafics voyageurs et marchandises ; Le taux de croissance du trafic voyageurs ; Le taux de croissance du trafic marchandises ; Le taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête ; Le taux de croissance du PIB ; La relation PIB/CFM/t./trafics
- Pour les variables situées au cœur du calcul économique
 - Les valeurs du temps voyageurs
 - Les valeurs du temps marchandises
 - Les valeurs de la vie humaine
 - Les valeurs de la pollution atmosphérique
 - La valeur de la tonne de carbone

3.2) Les résultats concernant la partie sur le calcul économique à l'envers

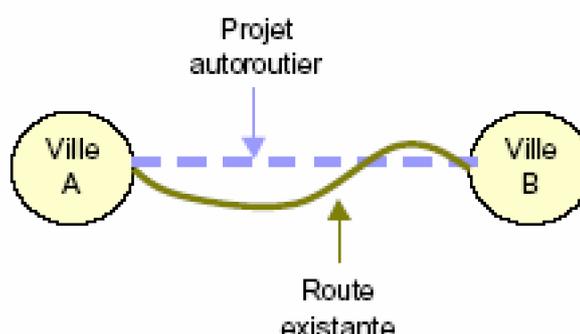
Il y a les éléments relatifs à :

- l'impact de la valeur de la tonne de carbone sur le bénéfice
- l'impact des valeurs du temps voyageurs sur le bénéfice
- la relation entre la vitesse VP sur autoroute et les valeurs du temps voyageurs
- la relation entre la vitesse VP sur autoroute et la valeur de la tonne de carbone
- l'impact des vitesses réseaux sur le bénéfice des différents scénarios pris en compte
- la relation entre la baisse des vitesses réseaux et les valeurs du temps
- les relations entre la baisse des vitesses réseaux et les valeurs tutélaires

2. Le guide utilisateur de l'application SIMECO

SIMECO est un outil qui a été spécialement élaboré pour le travail de thèse. C'est un outil de calcul qui permet de simuler des évaluations socio-économiques de projets d'infrastructures routières en rase campagne. L'idée générale de l'outil est de simuler l'évaluation d'un projet d'infrastructure de transport fictif. En partant d'un scénario de départ, on crée une nouvelle infrastructure et compte tenu des coûts (investissement, exploitation, entretien), des avantages (sécurité, pollution, gain de temps) ainsi que des valeurs tutélaires des effets externes, le projet est " validé " ou non par un certain nombre d'indicateurs socio-économiques (Bénéfice actualisé pour la collectivité, Taux de Rendement Économique).

L'hypothèse de départ est l'existence d'une route de type « route nationale », entre une ville A et une ville B. La collectivité étudie la possibilité de construire une nouvelle infrastructure de type « autoroute ». Le projet est un investissement routier en rase campagne. Il n'y a pas d'autres alternatives pour effectuer ce trajet (pas d'autres routes, pas de voies ferrées).



Cet outil s'appuie sur :

- les instructions ministérielles relatives aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne d'octobre 1998 et de 2007⁸³ pour ce qui concerne les valeurs unitaires à utiliser pour calculer les coûts de circulation des véhicules et les ratios d'insécurité routière en fonction du type d'infrastructure.
- l'instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport du 24 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005 pour ce qui concerne les valeurs tutélaires des effets non marchands à utiliser.
- le logiciel IMPACT V.1 de l'ADEME pour ce qui concerne le calcul des consommations de carburant en fonction de la vitesse pour les véhicules particuliers

⁸³ Au moment de la construction de l'outil, l'instruction de 2007 qui devrait remplacer celle de 1998 n'était pas encore approuvée

par la Direction des Routes. Les annexes techniques, sur lesquelles nous nous sommes appuyés n'avaient pas subi de modifications entre le moment où nous les avons utilisées et les documents qui sont présentés à la Direction des Routes.

parcours –débit sur les autoroutes interurbaines pour ce qui concerne le calcul des temps de parcours en fonction du niveau de trafic.

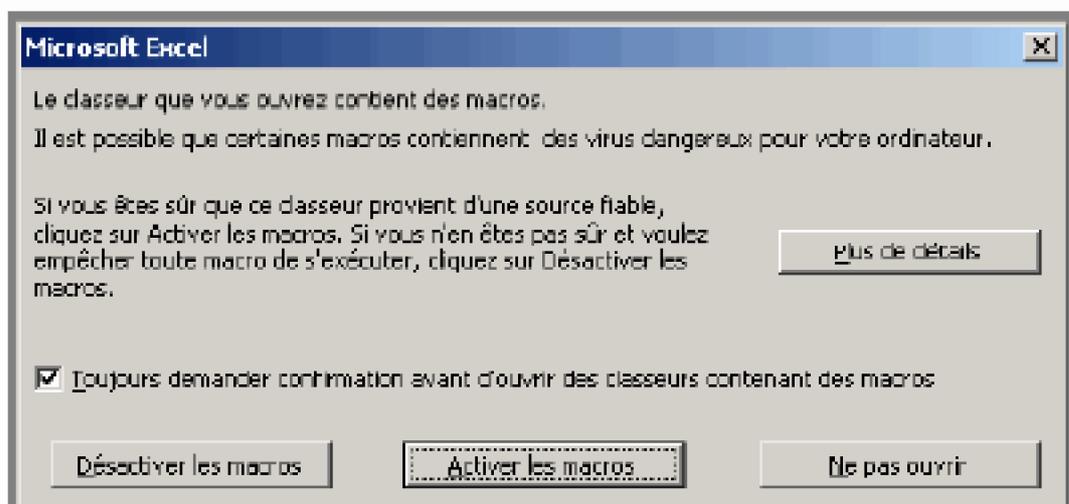
Le guide de l'utilisateur a pour objet de présenter cette application, en indiquant le mode d'emploi des différentes feuilles qui la composent et la méthodologie mise en œuvre pour chacune d'entre elles.

2.1. Présentation des feuilles de calcul de l'outil SIMECO

2.1.1. Ouverture de l'application

La visualisation de l'outil est optimisée avec une résolution d'écran de 1024x768 pixels.

Après avoir copié éventuellement le fichier SIMECO.xls sur disque dur, l'application fonctionne à l'aide du logiciel Microsoft® Excel 97, selon les procédures habituelles propres à l'environnement Windows™. À l'ouverture du fichier, vous devez 'Activer les macros', sinon l'outil ne fonctionnera pas. Le fichier ne contient, bien entendu, aucun virus.



En ouvrant l'outil, vous arrivez sur l'onglet « Instructions ». Les autres onglets du classeur permettent d'accéder aux différentes feuilles de calcul telles que décrites ci-après.

2.1.2. Les feuilles de base de calcul de l'outil

a) L'onglet « Instructions »

Cette feuille de calcul récapitule brièvement les recommandations présentées dans ce guide pour effectuer des simulations, pour effectuer des comparaisons entre projet et pour calculer les élasticités apparentes. Les boutons de commande 'Paramètres' et 'Indicateurs' permettent d'accéder respectivement aux onglets « Paramètres » et

« Indicateurs ».

Paramètres	VARIANTES COMPTABLES (RENTABILITÉ DÉTACHÉE)	Indicateurs	PARAMÈTRES GÉNÉRAUX (RENTABILITÉ DÉTACHÉE)
<p>Introduction</p> <p>SIMECO est un outil conçu dans le but de simuler des flux de trésorerie socio-économiques de projets d'infrastructures routières étudiés en zone urbaine. Il a été conçu sur la base des données fournies par les différents intervenants existants.</p> <p>Références</p> <ul style="list-style-type: none"> INSTRUMENTS LIÉS AUX MÉTHODES DÉTACHÉES ÉCONOMIQUES DES GRANDS PROJETS D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT, 25 mars 2008 mise à jour le 27 mai 2008. Instructions relatives aux méthodes d'évaluation économique des investissements réalisés en sites d'activités, Octobre 1998. LOGIUM TP&D ALUVE: CONSTRUCTION LINÉAIRE DES VERTICALES, 1998. <p>Fonctionnement de l'outil</p> <p>1) L'outil est simple d'utilisation. Il s'agit de renseigner en couleur "variables" qui se situent dans l'onglet "Paramètres". Ces variables sont volontairement non renseignées soit pour des raisons de cohérence et de mesurabilité de l'outil, soit pour des raisons de confidentialité nous permettant une vers une approche de confiance de nos données.</p> <p>Sélectionner une variable et cliquer sur le bouton "Paramètres" pour aller à la page "Paramètres".</p> <p>2) Une fois que les variables ont été renseignées ou pas, en cliquant sur le bouton de commande "Calcul Indicateurs" de la page "Indicateurs", vous serez sur la feuille des résultats de rentabilité.</p> <p>3) Après avoir cliqué sur le bouton de commande "Calcul Indicateurs", il est recommandé de cliquer sur le bouton de commande "Calcul Subvention", qui va déterminer le taux de subvention publique nécessaire pour que le projet soit viable pour la collectivité.</p> <p>4) Il y a plusieurs indicateurs de rentabilité. Celui qui nous intéresse plus particulièrement est le bénéfice actualisé pour la collectivité. En appuyant sur le bouton de commande "Bilan" nous accédons aux coûts ou bien à l'avantage net par la collectivité. De même manière en cliquant sur les boutons de commande "Surplus", "Graphique coûts", "Graphique bénéfices" et "Bilan" vous avez accès aux détails des résultats.</p>			<p>Fonctionnement de l'outil pour afficher les paramètres</p> <p>Pour compléter des données d'entrée</p> <p>Pour effectuer des tests de sensibilité des indicateurs de rentabilité différenciés (coûts ou de bénéfices) complétés de projet, les étapes sont les suivantes:</p> <p>Établir votre scénario de base en modifiant à votre convenance les valeurs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire cliquer le bouton "Paramètres" dans la colonne "Paramètres" (1) (voir 2) - Si vous voulez voir l'appariement des variables renseignées dans le bouton de commande "PT" - Indiquez votre scénario comme scénario de base (ajoutez 0 en cliquant sur le bouton de commande jaune "Scénario"). Les résultats sont maintenant affichés dans la feuille "L'ONDISAGE". - Retournez sur la feuille "Paramètres", vérifiez les valeurs renseignées et cliquez les opérations précédentes dans l'onglet de départ sur les boutons de commande "PT" et "SCÉNARIO" dans la 2. <p>Pour afficher les résultats des indicateurs de rentabilité sur votre feuille</p> <p>Les étapes sont les mêmes que celles présentées ci-dessus.</p> <p>Le cadre de l'outil</p> <p>Les simulations permettent d'évaluer les projets routiers et de déterminer un montant de subvention.</p>

Figure 32 : L'onglet « Instructions » de SIMECO

b) L'onglet « Paramètres »

Cette feuille de calcul contient les variables qui entrent en compte dans le cadre des simulations. Les trois boutons de commande en haut de la feuille permettent des aller-retour plus facile entre les différentes feuilles. Le bouton 'Bilan' permet d'accéder au bilan coûts-avantages pour la collectivité issu des hypothèses de la feuille de calcul « Paramètres ». Le bouton 'Retour Instructions' permet de revenir aux instructions de base de fonctionnement de l'outil. Le bouton 'Indicateurs' permet d'accéder à la feuille de calcul rassemblant l'ensemble des indicateurs calculés par l'outil.

Cette feuille se présente ainsi :

Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers

Paramètres							
Source	Renseignements	Variables-paramètres	Code des variables	Unités	Hypothèse de base	Autre valeur	Valeur utilisée
Hypothèses sur les caractéristiques de la route							
Modèle	en TMA4	Longueur de la route	LONGROUTE	km	14		14
Modèle		Coût de la route à l'année de démarrage des travaux	TRAFICOUT	€/km	12 000		12 000
Modèle		Capacité de la route (pour 1 km)	CAPROUTE	Voitures/jour	1 210		1 210
Coût de la route		Vitesse réglementaire route VP	VITESSEVP	km/h	80		80
Coût de la route		Vitesse réglementaire route PI	VITESSEPI	km/h	85		85
Modèle		Temps théorique route VP	TEMPSVP	hr	75,17		80,67
Modèle		Temps théorique route PI	TEMPSPI	hr	80,30		85,84
Appendice LCHTA JPM		Répartition trafic route VP/PI	REPVEEL	%	50,0%		50,0%
Modèle		Traffic route VP	TRAFFICVP	véhic./j	12 280		12 280
Modèle		Traffic route PI	TRAFFICPI	véhic./j	1 280		1 280
Hypothèses sur les caractéristiques du projet							
Modèle	en TMA4	Type de projet	TYPEDPROJ	Classe	Autre		Autre
Modèle		Longueur du projet	LONGPROJ	km	39		39
Appendice LCHTA JPM		Capacité du projet (pour 1 km)	CAPPROJ	Voyage/jour	3 410		3 410
Coût de la route		Vitesse réglementaire autoroute VP	VITESSEAVP	km/h	130,0		130,0
Coût de la route		Vitesse réglementaire autoroute PI	VITESSEAPI	km/h	130,0		130,0
Modèle		Temps théorique autoroute VP	TEMPSAVP	hr	86,57		86,57
Modèle		Temps théorique autoroute PI	TEMSAPI	hr	86,80		86,84
Modèle		Coût de temps théorique pour rapport à la route VP	COUTTEMPSVP	€/hr	21,79		21,79
Modèle		Coût de temps théorique pour rapport à la route PI	COUTTEMPSPI	€/hr	21,80		21,84
Hypothèses financières et fiscales du projet							
Modèle	en TMA4	Taux de rendement	TAXREND	Année	20%		20%
Modèle		Taux d'actualisation	TAXACT	Année	20%		20%

Figure 33 : L'onglet « Paramètres » de SIMECO

Les colonnes A à C indiquent les sources d'où sont tirées les hypothèses de base ainsi qu'éventuellement des renseignements concernant ces hypothèses. Dans la colonne D se trouvent l'ensemble des variables considérées dans l'outil. La colonne E donne les unités de ces variables. La colonne F concerne les hypothèses de base de l'outil. La colonne G permet d'indiquer éventuellement d'autres valeurs. La colonne H indique les valeurs utilisées au final.

c) L'onglet « Indicateurs »

Cette feuille indique différentes informations :

- la rentabilité socio-économique du projet définie par le niveau des indicateurs suivants : le bénéfice actualisé pour la collectivité (qui résulte du bilan coûts-avantages pour la collectivité) ; le bénéfice actualisé par euro investi ; le bénéfice actualisé par euro public investi ; le taux de rentabilité économique ; le taux de rentabilité immédiate ; le nombre d'années du retour sur investissement.
- la rentabilité socio-économique du projet avec prise en compte de la contrainte de rareté budgétaire.
- la rentabilité économique du projet (qui correspond dans les faits à un bilan entre les coûts du projet (investissement + exploitation) et les recettes (péage). Elle est définie par les indicateurs suivants : la valeur actualisée nette ; le taux de rentabilité interne.
- la rentabilité financière du projet pour le concessionnaire.
- les avantages du projet engendrés par le projet relatifs aux gains de temps, à la sécurité, à la pollution atmosphérique, à l'effet de serre et à la surconsommation.

- la répartition des trafics entre les différents itinéraires (route/autoroute) ainsi que les trafics détournés vers l'autoroute et les trafics induits par l'autoroute

Les boutons de commande 'Instructions' et 'Paramètres' permettent de revenir aux onglets correspondants. Le bouton de commande 'Surplus' permet d'avoir accès au compte des surplus. Le bouton de commande 'Graphique surplus' permet de visualiser ce compte de surplus à pour la durée d'étude. Le bouton de commande 'Graphique bénéfice' permet de visualiser l'évolution du bénéfice tout le long de l'année d'étude.

Cette feuille de calcul est le centre nerveux de l'outil. Après que les différentes hypothèses aient été renseignées, cette feuille permet d'avoir accès à l'ensemble des informations issues de l'outil. C'est également à partir de cette feuille qu'il est possible d'effectuer les études de sensibilité. Nous reviendrons plus en détail sur cette feuille et sur les autres boutons de commande lors de la partie sur la manipulation de l'outil pour effectuer des analyses. Cette feuille se présente ainsi:

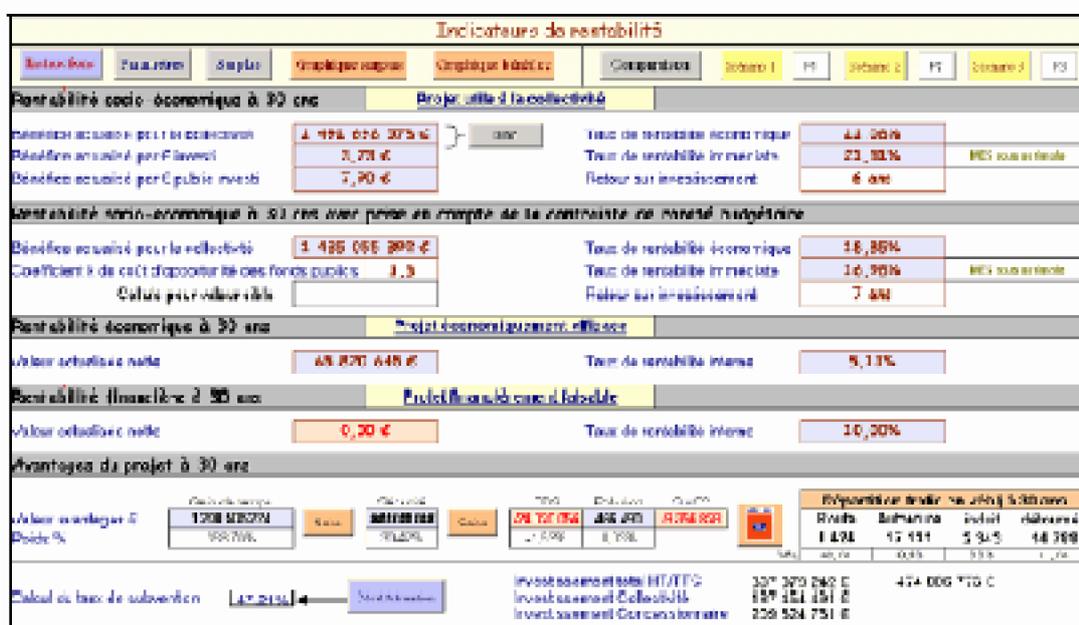


Figure 34 : L'onglet « Indicateurs » de SIMECO

d) L'onglet « Bilan »

Cette feuille détaille le bilan pour chaque agent économique concerné par le projet. Cette feuille se présente ainsi :

Bilan coûts avantages pour la collectivité				
Agent économique	Mesure des avantages pris en compte	Unité	Sommaire de la somme valeur SIMECO	Unité
Usagers VP	Avantage temps VP	1 847,07		
	Avantage confort VP	552,54		
	Avantage frais de fonctionnement VP	-38,73		
	Avantage péage	-202,49		
Somme actualisée des avantages usagers VP		1 078,49		
Usagers PL	Avantage temps PL	1 331,43		
	Avantage frais de fonctionnement PL	-60,42		
	Avantage péage PL	-139,76		
Somme actualisée des avantages PL		1 131,25		
Fiscaux publics	Recettes fiscales sur les usagers VP	-23,29		
	Recettes fiscales sur les usagers VP et PL	1 330,69		
	Recettes fiscales sur péage	73,17		
	Recettes fiscales sur usagers initiaux	66,76		
	Sécurité routière	222,49		
Somme actualisée des avantages de la puissance publique		1 670,82		
Pierres	Pollution atmosphérique	1,47		
	BIT de santé	-24,22		
Somme actualisée des avantages des pierres		-22,75		
Concessionnaire	Recettes de péage (BIT)	534,40		
	Somme actualisée des avantages du concessionnaire		534,40	
Somme actualisée des avantages tout agent économique confondu		2 161,21		
Dépenses d'entretien BIT actualisées		-201,26		
Avantage net global		1 959,95		
Investissement		-200,00		
Déficit actualisé pour la collectivité		-140,05		

Figure 35 : L'onglet « Bilan » de SIMECO

e) L'onglet « Comparaison »

Cette feuille récupère les données issues de l'onglet « Indicateurs », ainsi que des éléments d'information sur les variables utilisées de l'onglet « Paramètres ». Elle permet de mener des comparaisons entre des projets différents ou d'effectuer des tests de sensibilité. Elle indique les variations (en % ou en point de pourcentage) des indicateurs de rentabilité entraînées par des valeurs de calcul différentes. Elle permet aussi de calculer des élasticités apparentes des indicateurs aux variables de calcul.

Le bouton de commande 'Effacer l'ensemble des données' permet de rendre la feuille vierge de toute donnée. Les autres boutons de commande sont déjà connus.

Cette feuille se présente ainsi :

Résumé des données d'entrée		Indicateurs de rentabilité				Autres indicateurs					
		09	10	11	12	01/2010	02/2010		Données	Données	Données
									09	10	11
Données de base											
Taux de rendement interne											
Données de base											
Taux de rendement interne											
Données de base											
Taux de rendement interne											
Données de base											
Taux de rendement interne											
Données de base											
Taux de rendement interne											
Données de base											
Taux de rendement interne											

Figure 36 : L'onglet « Comparaison » de SIMECO

2.2. Déroulement d'une session de calcul avec l'outil SIMECO

2.2.1. Les hypothèses de calcul

Pour effectuer une simulation, il faut, avant toute chose, renseigner, dans l'onglet « Paramètres », les cellules relatives aux hypothèses. Certaines variables sont volontairement non modifiables soit pour des raisons de cohérence et de mesurabilité de l'outil, soit pour des raisons de manipulation (nous présentons une version simplifiée de l'utilisation de l'outil). Ainsi, seules les cellules en orange peuvent être modifiées, que cela soit dans la colonne G et/ou H.

a) Les hypothèses relatives aux caractéristiques de la route

Les variables modifiables sont :

- Longueur de la route (comprise entre 20 et 399 km)
- Trafic routier existant à l'année de référence dans les deux sens (compris entre 5 000 et 18 000 véhicules/jour)
- Vitesse réglementaire route VP
- Vitesse réglementaire route PL
- Répartition du trafic routier entre VP et PL (mettre le % de PL)

- Répartition du trafic VP entre essence et diesel (mettre le % de VP diesel)

b) Les hypothèses relatives aux caractéristiques du projet

Les variables modifiables sont :

- Longueur de tracé du projet (comprise entre 20 et 399 km)
- Vitesse réglementaire autoroute VP
- Vitesse réglementaire autoroute PL

c) Les hypothèses temporelles et financières du projet

Les variables modifiables sont :

- Année de référence (comprise entre 2000 et 2005)
- Année d'actualisation (généralement c'est l'année avant la mise en service)
- Année de mise en service (supérieure d'au moins 5 ans à l'année de référence)
- Coût de construction autoroute (Hors Taxes)
- Coefficient de rareté budgétaire

d) Les hypothèses financières du concessionnaire

Les variables modifiables sont :

- Date d'actualisation concessionnaire
- Taux de rentabilité interne escompté
- Durée de concession (inférieure ou égale à 50 ans)

e) Les hypothèses macro-économiques

Les variables modifiables sont :

- Évolution du taux d'inflation par an
- Évolution du PIB par an
- Évolution de la consommation finale des ménages par tête par an

f) Les hypothèses de croissance des trafics voyageurs et marchandises

Les variables modifiables sont :

- Taux de croissance du trafic VP
- Taux de croissance du trafic PL

g) Les hypothèses des valeurs du temps voyageurs et marchandises

Les variables modifiables sont :

- Valeur du temps voyageurs du scénario route
- Valeur du temps voyageurs du scénario autoroute
- Valeur du temps marchandises
- Coût horaire d'exploitation (pour information, l'instruction (2004/2005) rappelle que ce coût est constant dans le temps)

h) Les hypothèses sur les autres effets non marchands

i) Valeurs de la pollution atmosphérique

Les variables modifiables sont :

- Valeur en rase campagne VP
- Évolution valeurs pollution VP
- Valeur en rase campagne PL
- Évolution valeurs pollution PL

ii) Valeur de la tonne de carbone

- Valeur de la tonne de carbone
- Évolution (en %) de la valeur de la tonne de carbone à partir de "année évolution" (Cf. variable suivante)
- Année d'évolution de la valeur de la tonne de carbone

iii) Valeurs de la vie humaine

- Valeur d'un tué
- Valeur d'un blessé grave
- Valeur d'un blessé léger
- Évolution des valeurs de la vie humaine

iv) Ratios d'insécurité routière

- Hypothèses concernant la route
 - Nombre d'accidents pour 100 millions de veh.km

- Tués pour 100 accidents
- Blessés graves pour 100 accidents
- Blessés légers pour 100 accidents

- Hypothèses concernant le projet
 - Nombre d'accidents pour 100 millions de veh.km
 - Tués pour 100 accidents
 - Blessés graves pour 100 accidents
 - Blessés légers pour 100 accidents

j) Les hypothèses sur les coûts d'utilisation des véhicules

Les variables modifiables sont :

- Pour les voitures particulières
 - Entretien courant, pneumatique, lubrifiant
 - Dépréciation du véhicule
 - Tarif de péage
 - Coût de carburant (l'instruction ne distingue pas le coût de l'essence du coût du diesel)
 - Malus d'inconfort Route
 - Évolution du malus d'inconfort

- Pour les Poids Lourds
 - Entretien courant, pneumatique, lubrifiant PL
 - Tarif de péage
 - Coût de carburant

j) Les hypothèses sur les dépenses d'entretien et d'exploitation

Les variables modifiables sont :

- Coût d'exploitation et d'entretien autoroute
- Montant des grosses réparations autoroute
- Montant des Investissement Complémentaire sur Autoroute en Service (ICAS)

La colonne G contient les valeurs des hypothèses de base. Certaines peuvent être

modifiées si nécessaire. La colonne H permet d'afficher éventuellement d'autres valeurs que celles retenues initialement. La colonne I affiche les valeurs retenues au final.

2.2.2. Les résultats de la simulation

Les cellules dans l'onglet « Paramètres » une fois renseignées, les résultats de la simulation sont calculés. Ils sont présents dans l'onglet « Indicateurs ». Son accès se fait en cliquant sur le bouton de commande 'Indicateurs'.

Avant toute chose, il faut faire tourner le module financier, en cliquant sur le bouton de commande 'Calcul Subvention', qui détermine le taux de subvention publique nécessaire pour que le projet soit viable pour le concessionnaire. À noter que cette opération n'est pas obligatoire si la simulation concerne uniquement la rentabilité socio-économique du projet par le seul calcul du bénéfice actualisé pour la collectivité. Par contre pour avoir le bénéfice actualisé par euro public investi, cette opération est nécessaire.

Les résultats de la simulation sont entièrement disponibles sur cette feuille de calcul. Pour voir le détail des bilans pour chaque agent économique concerné par le projet, il faut cliquer sur le bouton de commande 'Bilan'.

Rentabilité socio-économique à 30 ans		Les différents indicateurs de rentabilité calculés	
Bénéfice actualisé sur la collectivité	1 499 070 445 €	Taux de rentabilité sur 30 ans	21,07%
Bénéfice actualisé sur le invest	1 79 €	Taux de rentabilité immédiate	21,31%
Bénéfice actualisé sur le public investi	1 90 €	Accès aux bilans pour chaque agent économique	6 cas

Les évaluations monétaires des différents effets non marchands sont également disponibles, ainsi que les informations sur la répartition des trafics entre les différents itinéraires.

Avantages du projet à 30 ans		Evaluations monétaires des effets non marchands				Répartition trafic en 30 ans									
Valeur ajoutée €	120 000 000	Secours	20 000 000	SDS	400 000	Position	400 000	Quota	10%	Autres	10%	Autres	10%	Autres	10%
Police	200 000	Accès aux détails													
Coût du euro de subvention	1 231 €	Cliquez ici pour calculer le montant de subvention publique				Informations sur la répartition des trafics									

2.3. La manipulation de l'outil pour effectuer des analyses

Pour effectuer des tests de sensibilité des indicateurs de rentabilité aux différentes variables ou de simples comparaisons entre différents projets, la démarche est sensiblement la même.

Pour comparer différents projets, les étapes sont les suivantes :

1) Établir le scénario de référence en modifiant si nécessaire certaines valeurs

Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers

Principales variables économiques de la route						
Nature	Longueur de la route	LIQUIDEUR	Km	100		100
Nature	Tre ² et route à l'arrêt de référence dans les deux sens	TELEPROCT	seconde	2000		12000
Nature	Capacité de la route (pour la modifier, cliquer sur les cellules jaunes)	PROCT	seconde	1000		1000
Nature	Taux de gêne sur la route pour investissement à l'arrêt	PROCT	%	20%		20%
Code de route	Aléas réglementaire route VP	VICINITE	Km/2h	0		0
Code de route	Aléas réglementaire route PL	VICINITE	Km/2h	0		0

2) Aller dans la feuille 'Indicateurs' et faire tourner le module financier en cliquant sur le bouton de commande 'Calcul subvention'



3) Cliquer sur le bouton de commande PB (Paramètres Base) pour se rappeler des principales variables utilisées et les afficher dans l'onglet « Comparaison »

4) Indiquer ce scénario comme scénario de référence dans la feuille 'Comparaison' (scénario base) en cliquant sur le bouton de commande 'Scénario1'. Les résultats sont maintenant stockés dans la feuille "Comparaison".

Gros œuvre supra		Emplois bénéficiaires		Comparaison		Scénario Base		P1		Scénario 2		P2	
Projet utile à la collectivité													
1 491 658 145 €				Dien		Taux de rentabilité		Cliquez sur 'PB' puis sur 'Scénario Base'					
3,73 €						Taux de rentabilité investé etc		21,31%		MCS sans aptitude			
7,90 €						Retour sur investissement		6 ans					

5) Retourner sur la feuille 'Paramètres' pour modifier les valeurs et répéter les opérations précédentes sans oublier de cliquer cette fois sur les boutons de commande 'P1' et 'Scénario1'. Les résultats sont également stockés dans la feuille 'Comparaison'.

6) Répéter l'opération pour comparer éventuellement un troisième projet au scénario de référence, en cliquant sur les boutons de commande 'P2' et 'Scénario2' cette fois là.

Une fois ces opérations réalisées, les résultats issus des simulations sont présents dans la feuille 'Comparaison'. Pour y accéder cliquer sur le bouton de commande 'Comparaison'.

La colonne G reprend les résultats du scénario de référence, la colonne H ceux du scénario 1 et la colonne I ceux du scénario 2. Les colonnes K et L permettent de chiffrer les variations entre les scénarios 1 et 2 par rapport au scénario de référence. Ces variations sont chiffrées en pourcentage sauf en ce qui concerne les indicateurs donnés en pourcentage (TRE, TRI), les variations sont alors chiffrées en points de pourcentage.

Indicateurs de rentabilité		Taux d'actualisation		Indicateurs de rentabilité		
		0%	5%	10%	15%	20%
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Elasticités apparentes</div>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Les résultats s'affichent dans les colonnes B,H et I</div>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">Tapez les principales variables utilisées</div>						

- Pour les études de sensibilité et le calcul des élasticités apparentes

La démarche est la même. La seule différence réside lors du choix des variables. Les tests de sensibilité concernent généralement une variable ou un groupe de variables. Une fois les opérations 1), 2), 3) et 4) précédentes effectuées, il faut appliquer une variation de moins 10 % à la variable choisie, puis faire l’opération 5) et appliquer une variation de plus 10 % et faire l’opération 6).

Dans l’onglet « Comparaison », les élasticités calculées se trouvent dans la colonne F.

3. Le guide utilisateur de l’application SIMSEC

SIMSEC est un outil qui a été développé à la base dans le cadre du programme de recherche ARCOS. L’outil a été repris dans le cadre de la thèse afin de montrer l’apport du calcul économique comme outil d’aide à la décision. Par ailleurs, l’outil a été repris et actualisé pour prendre en compte le nouveau taux d’actualisation et la nouvelle hypothèse concernant la consommation finale des ménages par tête issus de l’instruction de 2004/2005. Il a été repris également afin de tenir compte des derniers événements relatifs aux baisses de l’insécurité routière qui se sont produites entre 2002 et 2004.

Le rôle de l’outil SIMSEC développé dans le cadre du programme ARCOS est de donner des indications sur l’espace des choix publics et d’aider et conforter les choix techniques et financiers d’investissements. En prenant en compte les évolutions possibles de l’insécurité routière à moyen ou long terme, les valeurs attribuées à la vie humaine,

l'évolution possible de ces valeurs, les gains attendus de chaque fonction ARCOS, le temps (actualisation des résultats), et en transformant les hypothèses, valeurs et résultats quantitatifs ci-dessus en valeurs monétaires, il est possible de déterminer le coût d'opportunité pour la collectivité du programme ARCOS.

L'outil permet d'évaluer des grandeurs économiques susceptibles de venir éclairer la faisabilité ou non des fonctions ; c'est-à-dire de justifier un investissement donné, en fonction de l'hypothèse retenue sur le retour sur investissement, et du taux d'extinction des tués apporté par les fonctions. C'est le principe même du calcul économique qui est appliqué par le biais d'une analyse coûts – avantages.

Cet outil s'appuie sur :

- les données fournies par l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière⁸⁴ sur les bilans de sécurité routière annuels.
- les valeurs tutélaires de la vie humaine et le taux d'actualisation fournis par l'instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport (Ministère des Transports, 2004/2005)
- les résultats des analyses fournies par le thème 5 du programme ARCOS⁸⁵ à propos de la classification des accidents concernés par chaque fonction ARCOS.

Le guide de l'utilisateur a pour objet de présenter cette application, en indiquant le mode d'emploi des différentes feuilles qui la composent, la méthodologie mise en œuvre pour chacune d'entre elles et un exemple d'application.

3.1. Présentation des feuilles de calcul de l'outil SIMSEC

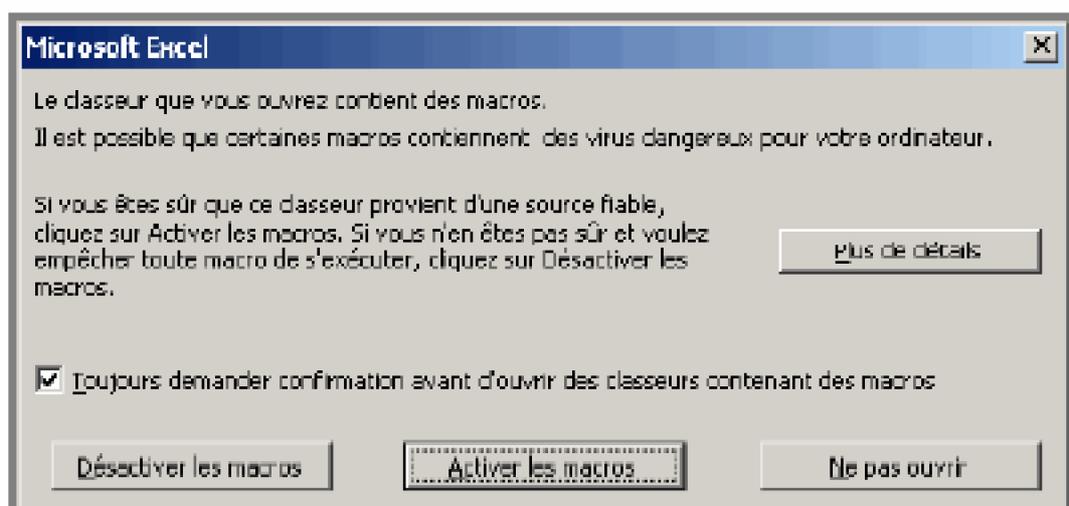
3.1.1. Ouverture de l'application

La visualisation de l'outil est optimisée avec une résolution d'écran de 1024x768 pixels.

Après avoir copié éventuellement le fichier SIMSEC.xls sur disque dur, l'application fonctionne à l'aide du logiciel Microsoft® Excel 97, selon les procédures habituelles propres à l'environnement Windows™. À l'ouverture du fichier, vous devez 'Activer les macros', sinon l'outil ne fonctionnera pas. Le fichier ne contient, bien entendu, aucun virus.

⁸⁴ <http://www.securite-routiere.gouv.fr/infos-ref/observatoire/index.html>

⁸⁵ <http://www.arcos2004.com/>



En ouvrant l'outil, vous arrivez sur l'onglet « Instructions ». Les autres onglets du classeur permettent d'accéder aux différentes feuilles de calcul telles que décrites ci-après.

3.1.2. Les feuilles de base de calcul de l'outil

a) L'onglet « Instructions »

Cette feuille reprend les démarches à effectuer pour évaluer le coût économique à un horizon donné.

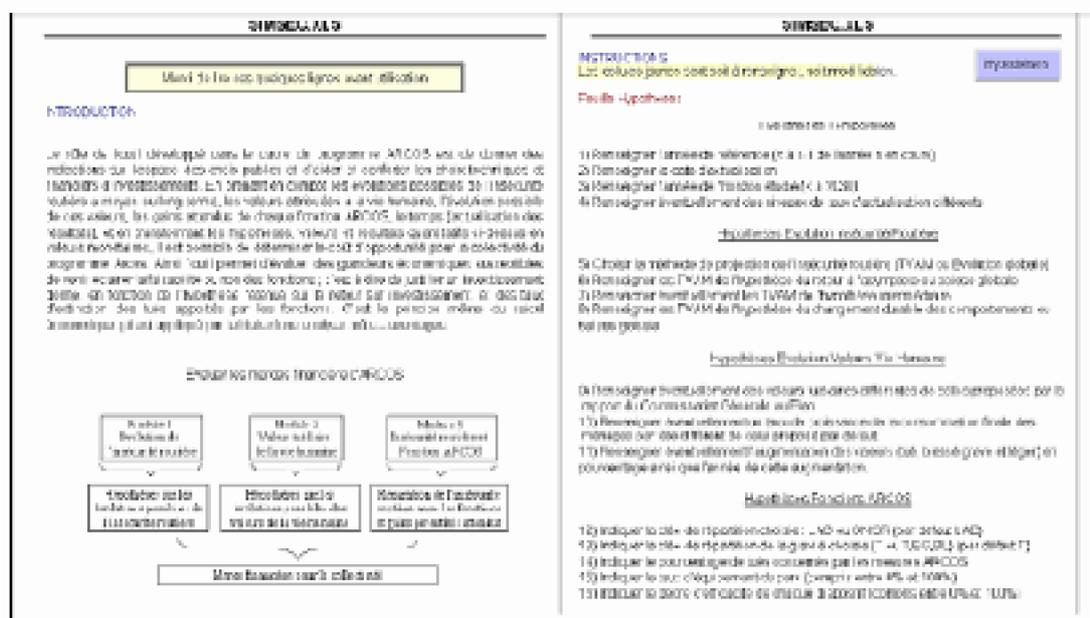


Figure 37 : L'onglet « Instructions » de SIMSEC

Le bouton de commande 'Hypothèses' permet d'accéder à l'onglet « Hypothèses ».

b) L'onglet « Hypothèses »

Cette feuille de calcul contient l'ensemble des hypothèses qu'il faut renseigner pour effectuer une simulation. Les boutons de commande 'Module 1', 'Module 2' et 'Module 3' permettent d'accéder aux hypothèses contenues dans chacun de ces modules. Le bouton de commande 'Bilan' permet d'accéder à l'onglet « Bilan ».

HYPOTHESES		ACQUISITION DES VEICULES		TAUX DE DEPRECIATION	
Module 1	Module 2	Module 3	Taux	Taux	Taux
Module 1	Module 2	Module 3	17,40%	17,40%	17,40%
Module 1	Module 2	Module 3	17,40%	17,40%	17,40%

MODULE 1 - EVOLUTION DE L'INSECURITE ROUTIERE					
L'incidence de:					
Hypothèse "Taux de dépréciation"					
ANNUAL	TVA	Evolution de l'insécurité routière			
TVA	-1,00%	3,122	-1,46%	L	
TVA	3,60%	1,941	5,94%	L	
TVA	-1,50%	2,121	-0,66%	L	

MODULE 2 - TAUX DE VENTES ASSUR. MOYENS					
TVA					
Taux de ventes Assur. Moyens	TVA	Evolution de l'insécurité routière			
Taux de ventes Assur. Moyens	3,50%	3,122	-0,02%	L	
Taux de ventes Assur. Moyens	3,50%	1,941	5,94%	L	
Taux de ventes Assur. Moyens	3,47%	2,121	-0,02%	L	

MODULE 3 - TAUX DE VENTES ASSUR. MOYENS ET 3E					
TVA					
Taux de ventes Assur. Moyens	TVA	Evolution de l'insécurité routière			
Taux de ventes Assur. Moyens	0%	3,122	-0,02%	L	
Taux de ventes Assur. Moyens	0%	1,941	5,94%	L	
Taux de ventes Assur. Moyens	0%	2,121	-0,02%	L	

Figure 38 : L'onglet « Hypothèses » de SIMSEC

c) L'onglet « Bilan »

Bilan économique par fonction à l'horizon 2015							
Fonction Sécurité routière							
Accidents égale	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement	Coût économique	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement
Nombre de tués (hors 14-20 ans)	38	38	28	24 528 134	32 829 521	43 371 881	
Nombre de blessés graves (hors 14-20 ans)	87	115	54	12 259 441	18 333 873	21 875 838	
Nombre de blessés légers (hors 14-20 ans)	294	97	218	3 411 660	1 211 811	8 693 210	
				Totaux	40 210 154	63 477 488	81 739 909

Fonction Prévention des infractions							
Accidents égale	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement	Coût économique	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement
Nombre de tués (hors 14-20 ans)	2 000	1 800	1 700	30 338 314	1 004 000 027	1 104 000 004	
Nombre de blessés graves (hors 14-20 ans)	6 070	5 870	5 770	498 217 307	802 003 002	881 043 007	
Nombre de blessés légers (hors 14-20 ans)	24 901	26 278	19 704	276 229 218	300 740 300	341 900 301	
				Totaux	1 045 007 170	2 449 059 449	3 289 013 152

Fonction Prévention des infractions 3e							
Accidents égale	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement	Coût économique	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement
Nombre de tués (hors 14-20 ans)	2 085	2 287	1 727	1 860 000 176	1 988 000 000	2 076 000 176	
Nombre de blessés graves (hors 14-20 ans)	6 238	7 667	6 209	717 136 336	884 000 000	1 020 000 176	
Nombre de blessés légers (hors 14-20 ans)	44 311	38 714	31 118	514 806 118	474 000 000	1 076 000 176	
				Totaux	2 091 942 630	2 442 000 352	2 992 000 528

Fonction Assur. Moyens et 3e							
Accidents égale	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement	Coût économique	Changement durable des comportements	Au fil de l'eau	Facteur d'ajustement
Nombre de tués (hors 14-20 ans)	421	309	300	288 733 225	250 400 000	283 344 000	
Nombre de blessés graves (hors 14-20 ans)	1 002	1 128	348	118 334 373	40 700 000	131 000 000	
Nombre de blessés légers (hors 14-20 ans)	7 884	5 512	4 447	54 723 540	1 000 000 000	145 000 000	
				Totaux	461 791 138	691 100 000	559 344 000

Figure 39 : L'onglet « Bilan » de SIMSEC

Cette feuille de calcul contient les détails des résultats. Les symboles représentent chaque fonction. En cliquant dessus, le graphique associé à la fonction vient s'afficher à l'écran. Le bouton de commande 'Bilan 2' permet d'accéder à l'onglet « Bilan Arcos ».

d) L'onglet « Bilan Arcos »

Bilan économique général												
Fonction : Gérer les intertitances												
Titre	Hypothèses "taux de base"			Hypothèses Interstitieuses			Hypothèses "taux de majoration"			Hypothèses "taux de démajoration"		
	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%
Hypothèses "taux de base"	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000
Hypothèses Interstitieuses	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000
Hypothèses "taux de majoration"	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000
Hypothèses "taux de démajoration"	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000	23 009 404	26 546 170	29 000 000
Total	92 037 216	106 184 610	116 000 000	92 037 216	106 184 610	116 000 000	92 037 216	106 184 610	116 000 000	92 037 216	106 184 610	116 000 000
Bilan Arcos												
Titre	Hypothèses "taux de base"			Hypothèses Interstitieuses			Hypothèses "taux de majoration"			Hypothèses "taux de démajoration"		
	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%
Hypothèses "taux de base"	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000
Hypothèses Interstitieuses	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000
Hypothèses "taux de majoration"	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000
Hypothèses "taux de démajoration"	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000	9 300 000	10 700 000	11 700 000
Total	37 200 000	43 800 000	47 800 000	37 200 000	43 800 000	47 800 000	37 200 000	43 800 000	47 800 000	37 200 000	43 800 000	47 800 000
Bilan légal												
Titre	Hypothèses "taux de base"			Hypothèses Interstitieuses			Hypothèses "taux de majoration"			Hypothèses "taux de démajoration"		
	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%	a-4%	a-3%	a-2%
Hypothèses "taux de base"	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000
Hypothèses Interstitieuses	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000
Hypothèses "taux de majoration"	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000
Hypothèses "taux de démajoration"	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000	0 017 910	0 018 000	0 008 000
Total	0 071 640	0 072 000	0 032 000	0 071 640	0 072 000	0 032 000	0 071 640	0 072 000	0 032 000	0 071 640	0 072 000	0 032 000

Figure 40 : L'onglet « Bilan Arcos » de SIMSEC

Cette feuille de calcul est intéressante dans le cas où des hypothèses différentes sont renseignées concernant le taux d'actualisation et les valeurs de la vie humaine dans l'onglet « hypothèses ». Elle affiche les résultats pour chaque fonction selon la gravité (tué, blessé léger, blessé grave), les hypothèses d'évolution de l'insécurité routière, les hypothèses d'évolution des valeurs de la vie humaine et les différents taux d'actualisation choisis. Les symboles en haut à gauche représentent chaque fonction. En cliquant dessus, les résultats viennent s'afficher à l'écran.



Fonction Gérer les interdistances



Fonction Prévenir les collisions



Fonction Prévenir les sorties de route



Fonction Alerter les véhicules en amont

3.2. Déroutement d'une session de calcul avec l'outil SIMSEC

3.2.1. Les hypothèses de calcul

Pour lancer la simulation, il faut, avant toute chose, renseigner dans l'onglet « Hypothèses », les cellules relatives aux hypothèses. Celles-ci concernent les hypothèses temporelles, les hypothèses sur l'évolution de l'insécurité routière, les hypothèses sur l'évolution des valeurs de la vie humaine et les hypothèses sur les fonctions ARCOS.

Seules les cellules en jaune peuvent être modifiées. La démarche pour effectuer une simulation, dans sa forme simplifiée, est la suivante :

a) Les hypothèses temporelles

1. Renseigner l'année de référence (<= à 2004)
2. Renseigner la date d'actualisation (par défaut mettre la même année que l'année de référence)
3. Renseigner l'année de l'horizon étudié (<= à 2030)
4. Renseigner éventuellement des niveaux de taux d'actualisation différents

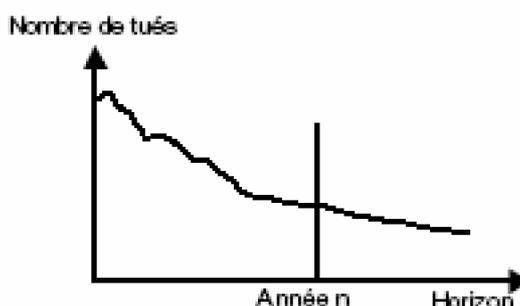
Années			Accidentalité en 2004		Taux d'actualisation (%)	
Année de référence	Année	2004	Tués et blessés	6 222	Taux de base	4
Date d'actualisation	Année	2004	Blessés graves	17 436	Hypothèse 1	0
Année étudiée	Année	2012	Blessés légers	51 292	Hypothèse 2	0

b) Les hypothèses sur l'évolution de l'insécurité routière

1) Choisir la méthode de projection de l'insécurité routière : TVAM ou Évolution % (le choix s'effectue en cliquant sur la cellule et en choisissant dans le menu déroulant la méthode)

i) Par la méthode du TVAM

Pour rappel, cette méthode permet d'évaluer l'accidentologie à l'horizon choisi à partir de la tendance passée, mesurée en taux de variation annuelle moyen.

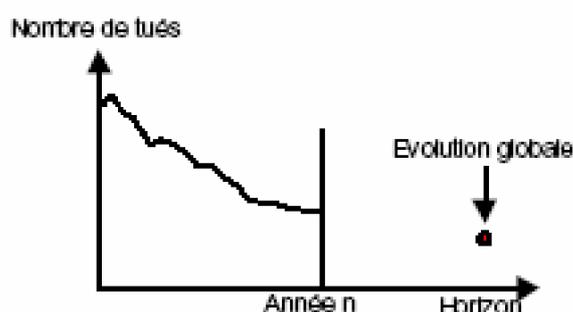


2) Renseigner éventuellement les TVAM de l'hypothèse du retour à l'asymptote (colonne H)

3) Renseigner éventuellement les TVAM de l'hypothèse du changement durable des comportements (colonne H)

ii) Par la méthode d'Évolution %

Pour rappel, cette méthode mesure l'accidentologie à l'horizon choisi à partir d'une cible de réduction choisie (par exemple, -30 % de tués dans 5 ans, -40 % de blessés graves, etc.).



4) Dans la colonne M, inscrire une baisse globale pour l'hypothèse d'un retour à l'asymptote, pour l'hypothèse au fil de l'eau et pour l'hypothèse d'un changement durable des comportements. Ne pas oublier d'avoir choisi cette méthode.

Module 1 - Evolution de l'insécurité routière					
Coût	2000€	TuVM	Coefficient de passage des véhicules par kilomètre	1,00€	
Hypothèse "Retour à l'équilibre"					
Evolution des accidents		TuVM en %	Equivalent à l'année de référence	co. équivalent à une baisse de :	Evolution en %
TuVM tué supposé jusqu'à la saturation (0)	-1,00%	466	-13,6%	0	
TuVM blessé grave supposé jusqu'à l'année stable	0,00%	16 300	1,00%	0	
TuVM blessé léger supposé jusqu'à l'année stable	-4,30%	52 290	-2,00%	0	
Hypothèse "Au fil de l'eau"					
Evolution des accidents		TuVM	Equivalent à l'année de référence	co. équivalent à une baisse de :	Evolution en %
Taux de Variation Annuel Moyen Tué (0)	2,50%	9 892	22,80%	0	
Taux de Variation Annuel Moyen Blessés Graves	2,50%	9 331	5,40%	0	
Taux de Variation Annuel Moyen Blessés Légers	3,40%	52 421	-2,20%	0	
Hypothèse "Changement durable des comportements"					
Changement durable des comportements		TuVM en %	Equivalent à l'année de référence	co. équivalent à une baisse de :	Evolution en %
TuVM tué supposé jusqu'à la saturation (0)	-0,00%	206	-9,50%	0	
TuVM blessé grave supposé jusqu'à l'année stable	7,00%	9 906	34,00%	0	
TuVM blessé léger supposé jusqu'à l'année stable	-1,00%	51 017	-8,10%	0	

c) Les hypothèses sur l'évolution des valeurs de la vie humaine

- Renseigner éventuellement des valeurs tutélaires différentes de celles proposées par 1. le rapport du Commissariat Générale au Plan
- Renseigner éventuellement pour l'hypothèse basse un taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête différent de celui par défaut. Mettre un chiffre sans unité.
- Renseigner éventuellement pour l'hypothèse au fil de l'eau un taux de croissance de la consommation finale des ménages par tête différent de celui proposé (1,6 %/an). Mettre un chiffre sans unité.
- Renseigner éventuellement pour l'hypothèse haute les cellules indiquant un réhaussement des valeurs soit celles du tué et/ou du blessé grave et/ou du blessé léger (mettre un chiffre dans unité) ainsi que l'année où s'opérera cette augmentation (supérieure à l'année de référence)

Module 2 - Evolution des valeurs de la vie humaine				
Valeurs initiales de base choisies	Valeurs de base à l'horizon 2020		Valeurs à l'horizon de référence	
Valeur du Tué Valeur du Blessé Grave Valeur du Blessé Léger	Valeur du tué Valeur du blessé grave Valeur du blessé léger	1 000 000 50 000 20 000	← E ← C ← F	1 307 000 E 167 350 C 74 584 F
Hypothèse basse				
Conditions comme le Consommateur, Taux des Véhicules par fonction de augmentation de 5%	② →	15% (taux de l'horizon 2020)	%	Valeurs à l'horizon de référence Tué, blessé grave 1 353 355 C 200 771 F 75 795 F
Hypothèse au fil du temps				
Conditions comme le Consommateur, Taux des Véhicules par fonction de augmentation constante de 10%	③ →	15% (taux de l'horizon 2020)	%	Valeurs à l'horizon de référence Tué, blessé grave 1 353 355 C 200 771 F 75 795 F
Hypothèse haute				
Accumulation des dispositifs de sécurité	Augmentation des dispositifs de sécurité	Tué Blessé grave Blessé léger	④ Augmentation de 5% 5% 5%	Valeurs à l'horizon de référence Tué, blessé grave 1 353 355 C 200 771 F 75 795 F

d) Les hypothèses sur les fonctions ARCOS

- Indiquer les gravités à considérer (T pour tué ou T,BG,BL pour tué, blessé grave et blessé léger)
- Indiquer le nombre (en %) de tués concernés par les mesures ARCOS. C'est-à-dire le pourcentage d'usagers de véhicules de tourisme par rapport au nombre de tués total à l'horizon choisi. Cliquer sur la cellule et choisir dans le menu déroulant le nombre.
- Pour chaque fonction ou pour une seule, indiquer le taux d'équipement du parc à l'horizon choisi (compris entre 0 % et 100 %)
- Pour chaque fonction ou pour une seule, indiquer le degré d'efficacité de chaque dispositif à l'horizon choisi (compris entre 0 % et 100 %)

Module 3 - Fonctions ARCOG - Bilan économique									
Date de départ		LAB	Accidentologie		Taux	Statut VP à l'horizon choisi		00	
Fonction Gérer les interdictions									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	20	0%	100%	100%	0	0	23 822 891		
Nombre de blessés graves décès	76	0%	100%	100%	0	0	0		
Nombre de blessés légers décès	264	0%	100%	100%	0	0	0		
					Coût potentiellement évité				
					89 540 790				
					8 799 510				
					20 822 891				
Fonction Prévenir les collisions									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	584	0%	100%	100%	780 626 846	989 427 844	1 044 810 633		
Nombre de blessés graves décès	3 011	0%	100%	100%	0	0	0		
Nombre de blessés légers décès	15 757	0%	100%	100%	0	0	0		
					Coût potentiellement évité				
					780 626 846				
					989 427 844				
					1 044 810 633				
Fonction Prévenir les actions de route									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	1 276	0%	100%	100%	8 813 587 135	887 811 862	1 583 412 440		
Nombre de blessés graves décès	4 322	0%	100%	100%	0	0	0		
Nombre de blessés légers décès	24 346	0%	100%	100%	0	0	0		
					Coût potentiellement évité				
					8 813 587 135				
					887 811 862				
					1 583 412 440				
Fonction Aérer les véhicules en attente									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	583	0%	100%	100%	7 061 091 304	139 139 833	2 04 286 917		
Nombre de blessés graves décès	678	0%	100%	100%	0	0	0		
Nombre de blessés légers décès	2 044	0%	100%	100%	0	0	0		
					Coût potentiellement évité				
					7 061 091 304				
					139 139 833				
					2 04 286 917				

3.2.2. Les résultats de la simulation

Il y a trois façons de visualiser les résultats.

a) Les premiers résultats

Des premiers résultats sont disponibles dans l'onglet « Hypothèses » dans le module 3. Ils concernent les coûts économiques entraînés par les accidents de la route pour chaque fonction selon les hypothèses d'évolution contrastées de l'insécurité routière à l'horizon choisi.

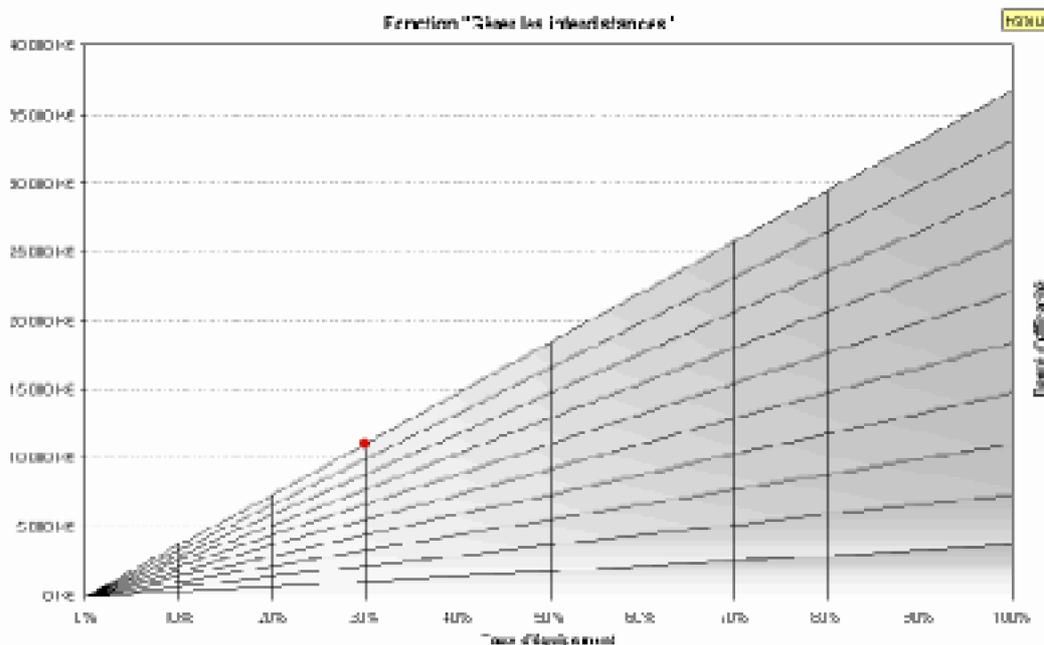
Module 3 - Fonctions ARCOG - Bilan économique									
Date de départ		LAB	Accidentologie		Taux	Statut VP à l'horizon choisi		00	
Fonction Gérer les interdictions									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	7	30%	0%	0%	4 488 710	4 111 484	7 886 484		
Nombre de blessés graves décès	23	30%	0%	0%	2 304 014	2 206 498	3 982 338		
Nombre de blessés légers décès	118	30%	0%	0%	2 257 284	1 486 671	2 996 958		
					Coût potentiellement évité				
					11 408 548				
					8 318 636				
					14 788 883				
Fonction Prévenir les collisions									
Accidentologie partielle selon hypothèses sur le flux									
Taux VP équip		Degré efficacité		Flux de flux		Hypothèse B		Hypothèse H	
Nombre de usagers (30 jours)	7	30%	0%	0%	4 488 710	4 111 484	7 886 484		
Nombre de blessés graves décès	23	30%	0%	0%	2 304 014	2 206 498	3 982 338		
Nombre de blessés légers décès	118	30%	0%	0%	2 257 284	1 486 671	2 996 958		
					Coût potentiellement évité				
					11 408 548				
					8 318 636				
					14 788 883				

b) Les résultats détaillés

Les mêmes résultats sont donnés dans l'onglet « Bilan ». Ils sont affichés pour chaque fonction et selon les hypothèses d'évolution contrastées de l'insécurité routière. Les données accidentologiques à l'horizon choisi y sont également présentes. L'accès au graphique qui donne le coût économique concerné pour chaque fonction selon le taux d'équipement et le degré d'efficacité des fonctions se fait en cliquant sur le symbole de chaque fonction.

-Appréhension		Bilan économique par fonction à l'horizon				Coût économique actualisé pour la fonction	
		Créer les interdistances		Créer les interdistances			
		Hypothèses		Coût		Hypothèses	
Accidentologie	Chargement durable des caractéristiques	AUTOM 1210	Représentativité	Coût interne (€)	Changement nombre de caractéristiques	Hypothèse	Représentativité
Représentativité des caractéristiques (à 10 jours)	52	657	40	54605 214	10 000 000	90 %	48 17 661
Représentativité des caractéristiques (à 100 jours)	67			62 223 411	10 000 000	80 %	28 679 600
Représentativité des caractéristiques (à 1000 jours)	171			9 111 639	10 000 000	70 %	13 148 130
Accidentologie à l'horizon choisi selon les 3 hypothèses				Total	81 200 154	10 000 000	09 308 170

Les lignes de surface du graphique représentent le degré d'efficacité de la fonction (donné en ordonné à droite). La première représente une efficacité de 100 %, la deuxième de 90 %, etc., jusqu'à la ligne d'abscisse qui représente une efficacité de 0.



c) Les résultats détaillés et contrastés

Des résultats sont également disponibles dans l'onglet « Bilan Arcos ». Son accès se fait en cliquant sur le bouton de commande 'Bilan 2' dans l'onglet « Bilan ». Cette feuille de calcul rassemble l'ensemble des résultats résultants des différentes hypothèses renseignées dans le module 1, 2 et 3 de l'onglet « Hypothèses ».

Hypothèses sur l'évolution de l'incertitude relative		Position Créer les interdistances				Hypothèses sur le taux d'actualisation			
		Hypothèse "taux de base"		Hypothèse "taux de base"		Hypothèse "taux de base"		Hypothèse "taux de base"	
		0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%
Coût	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
-Appréhension sur les valeurs de la somme des coûts		38 102 014				38 102 014			
Coût	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
	Coût économique	14 445 710	15 887 102	17 495 106	19 269 100	21 211 100	23 323 100	25 605 100	28 157 100
-Appréhension sur les valeurs de la somme des coûts		38 102 014				38 102 014			

4. Détail des résultats présentés dans le chapitre IV

Sommaire :

- 1 - La longueur de tracé du projet
- 2 - Le niveau de trafic existant à l'année d'étude
- 3 - Les vitesses sur route
- 4 - Les vitesses sur autoroute
- 5 - Les vitesses sur les réseaux
- 6 - Le coût d'investissement
- 7 - Dépenses d'exploitation et d'entretien
- 8 - Exposant de la loi affectation du trafic
- 9a - Le malus d'inconfort VP
- 9b - Le tarif de péage VP
- 9c - Les frais de carburant VP
- 9d - Les frais de fonctionnement VP
- 10a - Le tarif de péage PL
- 10b - Les frais de carburant PL
- 10c - Les frais de fonctionnement PL
- 11a - Le taux de croissance du trafic marchandises
- 11b - Le taux de croissance du trafic voyageurs
- 11c - Les taux de croissance des trafics voyageurs et marchandises
- 12 - Le taux de croissance de la CFMt
- 13 - Le taux de croissance du PIB
- 14 - PIB-CFM - Taux de croissance des trafics
- 15 - Les valeurs du temps voyageurs
- 16a - Les valeurs du temps marchandises
- 16b - Valeurs du temps marchandises + coût exploitation
- 17 - Les valeurs de la vie humaine
- 18 - Les valeurs de la pollution atmosphérique
- 19 - La valeur de la tonne de carbone
- 20a - Impact de la valeur de la tonne de carbone sur le bénéfice
- 20b - Impact des VDT voyageurs sur le bénéfice

- 21 - Relation Vitesse VP autoroute - VDT voyageurs
 - 22 - Relation Vitesse VP autoroute - Valeur de la tonne de carbone
 - 23 - Effet Vitesses - bénéfice et effets non marchands
 - 24 - Relation Vitesses réseaux - Valeurs du Temps
 - 25 - Equivalences baisse des vitesses - valeurs tutélaires
- [chevasson_g_annexes4.pdf](#)