

Rapport d'étude

Evaluation des projets de transports

Enseignements et pistes ouverts par le rapport Quinet sur l'évaluation socio-économique des investissements publics

Mai 2014



Rédacteur(s)

Charlotte COUPE – Sétra –CSTM-DEOST

téléphone : 33 (0) 1 60 52 31 71

mél : charlotte.coupe@developpement-durable.gouv.fr

Hélène LE MAÎTRE – Sétra –CSTM-DEOST

téléphone : 33 (0) 1 60 52 33 02

mél : helene.le-maitre@cerema.fr

Préambule

Les travaux du groupe du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP) présidé par Emile Quinet portant sur l'évaluation socio-économique de 2013 proposent des évolutions méthodologiques, des révisions de certaines valeurs utilisées et ouvrent des pistes de recherche ou d'approfondissement. Il apparaît utile de mettre ces propositions en perspective par rapport aux pratiques actuelles dans le secteur des transports, notamment dans le domaine routier interurbain (Instruction Cadre de 2005 et sa déclinaison routière de 2007).

Ce rapport comprend un rappel des recommandations du rapport sur les valeurs à utiliser pour le calcul socio-économique pour le mode routier, des mises à jour des données de référence et la présentation des recommandations du rapport qui appellent des approfondissements. Ensuite, une simulation de l'impact des nouvelles valeurs tutélaires et de la mise à jour des paramètres du calcul socio-économique est effectuée sur des projets routiers, avec en dernière partie un focus sur la prise en compte du risque avec des exemples de prise en compte du risque dans le calcul socioéconomique sur des projets routiers.

Ce document est entièrement subsidiaire aux documents de référence prescriptifs en matière d'évaluation du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE), auxquels il n'a aucune vocation à se substituer.

Page laissée blanche intentionnellement

Sommaire

Introduction	7
1 - Contexte réglementaire et rapports de référence	9
2 - Les règles de calcul	10
2.1 - Horizon d'évaluation.....	10
2.2 - Le contexte macro-économique	10
2.3 - Taux d'actualisation.....	10
2.4 - Prise en compte du risque.....	11
2.1 - Coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP).....	11
2.2 - Année de valeur des euros	11
3 - Valeurs tutélaires	12
3.1 - Valeur du temps voyageur	12
3.2 - Valeur du temps de référence des marchandises.....	15
3.3 - Sécurité	15
3.4 - Externalités environnementales	16
4 - Mises à jour des valeurs non réglementaires	20
4.1 - Coût d'usage du véhicule	20
4.2 - Taux d'insécurité en interurbain	21
4.3 - Coûts de grosses réparations, d'entretien et d'exploitation.....	23
5 - Synthèse des évolutions des valeurs tutélaires et règles de calcul depuis 1962.....	23
6 - Recommandations de pistes d'approfondissement	32
6.1 - Calcul de surplus des usagers	32
6.2 - Fiabilité.....	32
7 - Fonctionnement de l'outil de calcul socio-économique au regard des recommandations du CGSP sur le calcul du surplus	33
7.1 - TransCAD® et les modules Sétra	33
7.2 - Affectation de trafic.....	34
7.3 - Calcul de surplus à partir des modules Sétra de TransCAD®	37
8 - Tests sur des projets type	39
8.1 - Hypothèses générales :.....	39
8.2 - Description des projets.....	40
8.3 - Impact des changements de valeurs tutélaires toutes choses égales par ailleurs.....	42
8.4 - Impact cumulé des mises à jour des valeurs non réglementaires et des valeurs tutélaires : comparaison Quinet / Instruction cadre non mise à jour	46
8.5 - Analyse des effets selon le type d'avantage	46
8.6 - Analyse des changements de règles de calcul	50
9 - Illustration de la prise en compte du risque sur des projets réels	54

9.1 - Rappel de la méthode du numérateur : une prise en compte explicite de la sensibilité du projet au PIB	54
9.2 - Scénarios de PIB.....	56
9.3 - Hypothèses de calcul communes aux projets testés.....	56
9.4 - Prise en compte du risque sur différents types de projets et sur les variantes d'un même projet	57
10 - Conclusion.....	59
Bibliographie	60
Annexe 1 - Déflateurs utilisés.....	63
Annexe 2 : Données utilisées pour les calculs des coûts d'insécurité par type de voie	64
Annexe 3 : Coûts d'entretien et d'exploitation	66
Annexe 4 : Coûts de grosses réparations, renouvellements de immobilisations et ICAS par type de voie.....	67
Annexe 5 : Comparaison des valeurs du bruit Quinet et Boiteux 2.....	68

Page laissée blanche intentionnellement

Introduction

Les travaux du groupe du CGSP (Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective) présidé par Emile Quinet portant sur l'évaluation socio-économique des investissements publics de 2013 proposent des évolutions méthodologiques, des révisions de certaines valeurs utilisées et ouvrent des pistes de recherche ou d'approfondissement. Ce rapport met ces propositions en perspective par rapport aux pratiques actuelles dans le secteur des transports, notamment dans le domaine routier interurbain (Instruction Cadre de 2005¹ [1] et sa déclinaison routière de 2007 [2]).

Le présent rapport traite dans un premier temps des recommandations du rapport Quinet d'application immédiate. Il s'agit notamment de la mise à jour des valeurs tutélaires, de leurs taux de croissance, ainsi que des règles de calcul, tel que la valeur résiduelle ou le système d'actualisation. Ces valeurs sont comparées aux valeurs de l'instruction cadre en vigueur (IC provisoire de 2007).

Dans un second temps, les données de référence du calcul économique sont rappelées et des mises à jour de ces valeurs sont proposées et comparées aux valeurs de référence proposées dans l'IC de 2007.

Une troisième partie présente succinctement les recommandations du rapport qui appellent des approfondissements du calcul du surplus (calcul de surplus, fiabilité et confort). Cette partie est suivie d'un rappel du fonctionnement de l'outil TransCAD® et des modules Sétra au regard des recommandations du rapport Quinet en terme de calcul de surplus.

Une simulation de l'impact des nouvelles valeurs tutélaires et de la mise à jour des paramètres du calcul socio-économique sur différents projets routiers types est effectuée, avec des analyses sur les effets de chaque paramètre afin de décomposer les effets cumulés des mises à jour des valeurs tutélaires, des valeurs de référence, et des règles de calcul.

La dernière partie de ce rapport est un focus sur la prise en compte du risque avec des exemples d'application de la méthode au numérateur dans le calcul socioéconomique sur des projets routiers.

¹ Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport

Page laissée blanche intentionnellement

1 - Contexte réglementaire et rapports de référence

Le cadre des études de rentabilité socio-économique des projets routiers en rase campagne est défini dans des instructions du ministère chargé des transports depuis 1964. Il a évolué de cette date à nos jours accompagnant les politiques de choix des projets.

Plusieurs instructions se sont ainsi succédées depuis 1964 :

- la circulaire sur les calculs de rentabilité des investissements routiers de janvier 1970 (Ministère de l'Équipement et du Logement) ;
- l'instruction sur les méthodes d'évaluation des effets économiques des investissements routiers en rase campagne de mars 1980 (Direction des Routes) ;
- l'instruction relative aux méthodes d'évaluation des investissements routiers en rase campagne de 1986 (Direction des Routes) ;
- la circulaire du 3 octobre 1995 relative à l'harmonisation des méthodes d'évaluation des grands projets d'infrastructures et son instruction cadre (ministère chargé des transports)
- la circulaire n°98-99 du 20 octobre 1998 relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne et l'instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers en rase campagne de 1998 (Direction des Routes), qu'on appellera "instruction de 1998" dans cette note ;
- l'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport (Comité des Directeurs Transport) [1], son complément du 27 mai 2005 et sa déclinaison routière provisoire de mai 2007, on désignera l'ensemble de ces ouvrages sous le terme "IC de 2007" [2].

Chacune de ces instructions précise les règles à respecter pour la conduite du calcul socio-économique : la monétarisation des différents avantages, les durées de calcul, le taux d'actualisation, etc. ainsi que les indicateurs à utiliser pour classer les projets.

Ces circulaires et leurs mises à jour sont, depuis 1995, consécutives aux rapports du Commissariat Général au Plan (CGP) puis du Centre d'analyse stratégique (CAS) et enfin du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP). Les instructions-cadre de 1995 et 2004 respectivement reprennent notamment, en les adaptant, les recommandations d'application immédiate des rapports Boiteux 1 et 2 ; puis l'instruction provisoire de 2007 reprend le taux d'actualisation recommandé par le rapport Lebègue.

Les principaux rapports sur le calcul socio-économique des investissements publics sont les suivants :

- Novembre 1994 : Boiteux 1 [3]
- Juin 2001 : Boiteux 2 [4]
- Janvier 2005 : rapport Lebègue (taux d'actualisation) [7]
- Juin 2008 : rapport Quinet (valeur tutélaire du carbone) [8]
- Mai 2009 : rapport Chevassus-au-Louis (économie de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes) [9]
- Juin 2011 : rapport Gollier (prise en compte du risque dans le calcul économique) [6]
- Septembre 2013 : rapport Quinet sur le calcul socio-économique [1]

2 - Les règles de calcul

2.1 - Horizon d'évaluation

L'instruction cadre (IC) de 2007 propose une durée d'évaluation de 50 ans avec une valeur résiduelle nulle pour les projets routiers.

Deux modifications sont apportées dans le rapport Quinet concernant la durée d'évaluation. Tout d'abord, le rapport propose de ne plus raisonner en durée d'évaluation mais plutôt en horizon d'évaluation. Les avantages devraient donc être calculés jusqu'en 2070.

De plus, une valeur résiduelle est ajoutée. La valeur résiduelle est entendue au sens où il s'agit des avantages actualisés entre 2070 et 2140. Or, tous les taux de croissance des avantages sont nuls à partir de 2050 hors CO₂ (qui augmente comme le taux d'actualisation). Cette valeur résiduelle est donc principalement comprise de gains de CO₂.

Au final on passe donc d'une durée d'évaluation de 50 ans pour le mode routier à un horizon d'évaluation en 2140 (voir 8.6.1 pour l'impact du rallongement de la durée d'évaluation sur la rentabilité des projets).

2.2 - Le contexte macro-économique

A défaut de scénarios nationaux récents, on utilise pour l'instant le scénario bas des projections 2025 du SESP (Service économie, statistiques et prospective²[6]). La prise en compte du risque suppose l'utilisation de scénarios contrastés de PIB (produit intérieur brut), et la connaissance des scénarios de demande correspondant à ces scénarios de PIB. Ces derniers sont calculés à partir de l'élasticité de la demande au PIB.

De plus, le rapport Quinet recommande l'utilisation de la CFM (consommation finale des ménages) par tête plutôt que le PIB par tête pour les taux de croissance des valeurs tutélaires, ce qui ne change pas ou très peu les taux de croissance.

2.3 - Taux d'actualisation

Le rapport Quinet de 2013 propose une mise à jour du système d'actualisation.

La prise en compte du risque se fait par la méthode dite *du numérateur* pour laquelle la mise en œuvre pratique et des exemples d'application sont donnés dans la partie 9 de ce rapport. Une deuxième méthode est proposée dans le rapport Quinet, la méthode dite *du dénominateur* (ou des bêtas), qui consiste à appliquer aux avantages du projet des bêtas selon le mode et le type d'avantage : ceci revient à augmenter le taux d'actualisation des projets mais ne permet pas de discriminer différents projets de transports au sein d'un même mode, si ce n'est par leur part relative de CO₂ et de coûts d'investissements.

Dans une période de transition, le rapport propose de prendre un taux d'actualisation de 4,5 %.

² Il s'agit des projections de la demande reprise dans l'IC de 2007.

2.4 - Prise en compte du risque

La méthode de prise en compte du risque présentée ici part donc du principe que pour la collectivité, si deux projets rapportent la même VAN (valeur actualisée nette) en moyenne, mais que l'un est plus risqué que l'autre (s'il est plus sensible aux variations de PIB), alors l'autre est préférable. Techniquement, on cherche un « équivalent sans risque » de la valeur actualisée nette pour les deux projets ; celle du second projet, moins risqué, sera supérieure, indiquant qu'il est préférable. L'équivalent certain de la valeur actualisée nette est la valeur actualisée nette d'un projet absolument pas risqué (sa VAN ne dépend pas du PIB) qui serait équivalent au projet risqué du point de vue de la collectivité.

En pratique il s'agit de calculer le PIB et les avantages annuels du projet sous plusieurs scénarios de croissance macro-économique afin d'obtenir un bilan coûts avantages probabilisé, c'est-à-dire que chaque scénario a une certaine probabilité de se produire. Ensuite, l'équivalent certain de la valeur du projet peut être calculé à partir des avantages annuels probables et des PIB probables.

Cette méthode de prise en compte du risque, introduite dans le rapport Gollier de 2011, fait l'objet d'une partie spécifique dans ce rapport (partie 9), avec des exemples de simulations sur des projets routiers.

2.5 - Coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP)

Bien que non testé dans les exemples présentés ci-dessous, le rapport Quinet propose une nouvelle valeur du COFP, basée sur les travaux de M. Beaud³. Le COFP passe donc de 1.3 (valeur du rapport Lebègue) à 1.2.

Dans un cadre de contrainte budgétaire, le PFRFP est ajouté au COFP. Il s'agit d'un coefficient supplémentaire valant 0.07.

Dans les outils diffusés au sein du réseau scientifique et technique du MEDDE (les modules Sétra de TransCAD® accompagnés de la macro bilan en GISDK⁴ et d'un tableur), ce COFP n'était pas intégré car les taxes n'étaient pas à jour. Les outils en cours de réalisation pour prendre en compte les recommandations du rapport Quinet prendront en compte le COFP à partir de calculs simplifiés des taxes principales appliquées aux projets routiers (TICPE (taxe intérieure sur la consommation de produits énergétiques), TVA, taxe d'aménagement du territoire, impôt sur les sociétés, redevance domaniale, etc.).

2.6 - Année de valeur des euros

Les valeurs tutélaires sont données en €₂₀₁₀ et non plus en €₂₀₀₀, avec un coefficient de 1.18 environ entre 2000 et 2010 (IPC, Indice des prix à la consommation).

³ Beaud (2008), "Le coût social marginal des fonds publics en France", Annales d'Economie et de Statistique, n° 90.

⁴ Langage de programmation de TransCAD®.

3 - Valeurs tutélaires

Cette partie présente les valeurs tutélaires, en comparant celles de l'instruction-cadre de 2007 à celles du rapport Quinet. Les valeurs sont données ci-dessous en €₂₀₁₀ pour l'année 2010 et les déflateurs utilisés sont donnés en annexe. Les taux de croissance des avantages n'ont pas été modifiés. Par contre, on utilise à présent le PIB par tête et non plus la CFM par tête, mais les taux de croissance du PIB/tête et de la CFM/tête sont identiques dans l'instruction-cadre de 2007.

3.1 - Valeur du temps voyageur

La valeur du temps des VL en €/heure et par véhicule est le produit de la valeur du temps par passager et du taux d'occupation des véhicules.

3.1.1 - Mise à jour des taux d'occupation des véhicules

L'IC de 2007 utilisait les taux d'occupation des véhicules tirés de l'ENTD (Enquête Nationale Transports et Déplacements) de 1994 et présentés ci-dessous. Une mise à jour de ces taux est proposée à partir de l'ENTD de 2008.

distance	ENTD 1994 (IC 2007)	ENTD 2008
toutes distances	-	1,47
moins de 20 km	1,11	1,45
entre 20 et 50 km	1,5	1,5
entre 50 et 200 km	1,9	1,72
entre 200 et 400 km		2,29
entre 400 et 1000 km	2,37	2,18
plus de 1000 km		2,92

Tableau 1 : Nombre moyen de personnes par véhicules

Pour les courtes distances on observe une forte augmentation du taux d'occupation des véhicules tandis que l'on observe plutôt une diminution pour les déplacements longue distance, et l'augmentation du nombre de classes de distance permet d'affiner les estimations en limitant les effets de bord entre classes de distance.

3.1.2 - Valeur du temps par passager

Le tableau ci-dessous présente les valeurs du temps par passager des rapports Boiteux et Quinet, en €₂₀₁₀ pour l'année 2010.

distance	Boiteux € ₂₀₁₀ année 2010	Quinet tous motifs € ₂₀₁₀ année 2010
moins de 20 km	10,7	7,9
entre 20 et 50 km	10,7	0,09*d+6,1
entre 50 et 80 km	0,02*d+10	0,09*d+6,1
entre 80 et 200 km	0,02*d+10	0,006*d+12,8
entre 200 et 400 km	0,02*d+10	0,006*d+12,8
entre 400 et 1 000 km	17,5	15,2
plus de 1 000 km	17,5	15,2

Tableau 2 : Valeur du temps par passager tous motifs pour les VL

La valeur du temps par passager a augmenté dans le rapport Quinet par rapport au rapport Boiteux quelle que soit la classe de distance considérée pour les déplacements inférieurs à 50 km et supérieurs à 150 km. Elle a diminué en restant proche pour les déplacements entre 50 et 150 km.

3.1.3 - Répartition des déplacements selon la distance

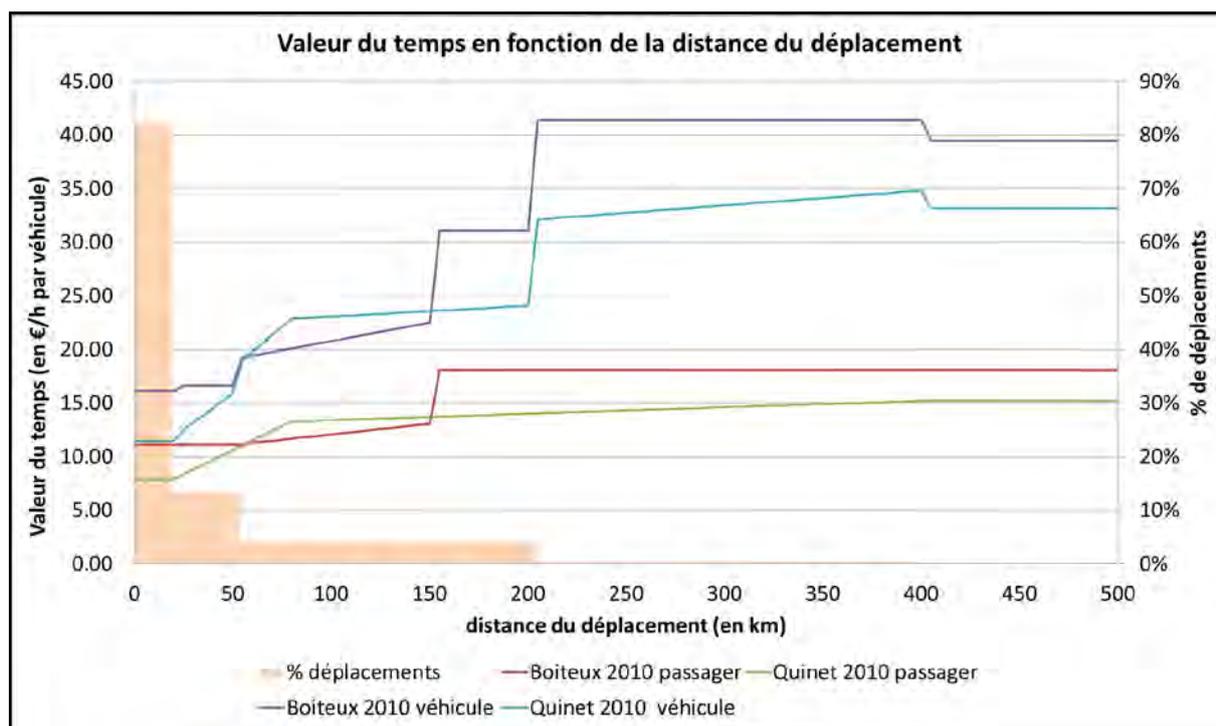
Distance	% des déplacements
moins de 20 km	82%
entre 20 et 50 km	13.40%
entre 50 et 200 km	4.10%
entre 200 et 400 km	0.30%
plus de 400 km	0.10%

Tableau 3 : Répartition des déplacements selon la distance parcourue (%)
(source : Sêtra d'après ENT D 2008)

La majorité des déplacements sont des déplacements de courte distance (moins de 20 km).

3.1.4 - Comparaison des valeurs du temps avec les taux d'occupation des véhicules de 2008

La figure ci-dessous présente les valeurs du temps Quinet et Boiteux selon la classe de distance, par passager et par véhicule. Les valeurs par véhicule sont présentées avec les taux d'occupation des véhicules de l'ENTD 2008 dans les 2 cas. Les valeurs présentées ci-dessous sont les valeurs tous motifs.



Valeurs du temps VL et part des déplacements en fonction de la distance

Lorsque les valeurs du temps par distance sont pondérées par les distances parcourues, les valeurs du temps en €/h/véh diminuent avec les mises à jour cumulées des valeurs du temps par passager et des taux d'occupation des véhicules. Cependant, pour des déplacements allant de 50 à 150 km, la valeur du temps par véhicule mise à jour est plus faible, en restant très proche de celle de l'IC de 2007.

Enfin, le rapport Quinet propose une segmentation par motifs qui n'était pas présente dans le rapport Boiteux et qui peut permettre d'affiner les calculs si l'on dispose de la demande est différenciée selon les motifs.

3.1.5 - Confort

Le malus d'inconfort pour les VL n'est pas mentionné dans le rapport Quinet car les études produites depuis le rapport Boiteux 2 n'étaient pas suffisantes pour mettre à jour ces valeurs. On reprend donc ici et dans les tests ci-dessous les valeurs de l'instruction cadre de 2007, passées en euros 2010 pour l'année 2010.

Malus d'inconfort (VL uniquement)	Instruction cadre de 2007 (€/veh.km)
7 m ordinaire	0.069
7 m express	0.041
Artère interurbaine	0.029
2*2 voies express	0.009
Autoroute	0

Tableau 4 : Malus d'inconfort en euros 2010 pour l'année 2010 selon le type de route

3.2 - Valeur du temps de référence des marchandises

La valeur du temps des poids lourds (PL) est divisée en deux composantes : la valeur du temps du chargeur (généralement en €/tonne/heure, et dépendant du type de marchandises transportées), et la valeur du temps du transporteur (en €/heure, qui représente ses gains de productivité).

Les valeurs du temps des PL, chargeur et transporteur n'ont pas été mises à jour dans le rapport Quinet, on reprend donc celles du rapport Boiteux. Cependant, pour le calcul des valeurs du temps chargeur en €/PL/h à partir des valeurs en €/tonne /h, le chargement moyen des PL est mis à jour.

Type de marchandises	Boiteux (€/2010/t/h)	Quinet (€/2010/t/h)
Marchandises à forte valeur ajoutée	0.60	idem
Marchandises courantes	0.20	idem
Marchandises à faible valeur ajoutée	0.01	idem

Tableau 5 : Valeurs du temps de référence des marchandises (valeurs chargeur)

Le rapport Quinet considère que le trafic routier correspond à des marchandises à forte valeur ajoutée.

Dans l'instruction-cadre de 2004, la valeur du temps des chargeurs est calculée avec un chargement moyen des PL de 15 t. Par la suite ci-dessous, on prend un chargement de 11.4 t, correspondant à une valeur moyenne en France (enquête TRM (transport routier de marchandises) de 2008) [11].

VDT PL (€/2010/PL/h)		Boiteux	Quinet
Transporteur		37	Non traitée : valeurs Boiteux 2
Chargeur	IC : marchandises à forte VA + 15 t / PL	9	9
	Mise à jour : marchandises à forte VA + 11.4 t / PL	7	7

Tableau 6 : Valeurs du temps de référence des PL

De même que pour les malus d'inconfort, la valeur du temps des transporteurs n'est pas mise à jour dans le rapport Quinet car les études depuis le rapport Boiteux 2 n'étaient pas suffisantes pour la mettre à jour.

Dans les tests ci-dessous, on reprend donc par défaut la valeur du temps des transporteurs du rapport Boiteux 2 (considérée constante en euros constants).

3.3 - Sécurité

La valeur de la vie humaine statistique a été fortement augmentée dans le rapport Quinet, passant à 3M€ au lieu de 1.36 M€ dans le rapport Boiteux pour les VL. De plus, cette valeur est indifférenciée, en ce sens qu'elle ne dépend ni des caractéristiques des victimes, ni du mode de transport concerné alors que dans le rapport Boiteux 2, les valeurs utilisées pour les transports individuels étaient égales aux 2/3 des valeurs utilisées pour les transports en commun.

Sécurité	Boiteux € ₂₀₁₀ année 2010	Quinet € ₂₀₁₀ année 2010
Dégâts matériels (IC : 4600 € ₂₀₁₀)	Non mentionnée	Non mentionnée
Blessé léger	27 200	60 000
Blessé grave	204 000	450 000
Tué (valeur de la vie humaine statistique)	1 360 000	3 000 000

Tableau 7 : Valeurs tutélares de l'insécurité

La valeur des dégâts matériels des accidents corporels est de 4 600€₂₀₁₀ en 2010, cette valeur est celle de l'instruction cadre de 2007.

Changement de définition des blessés et valorisation des blessés

Les taux d'insécurité sont donnés ici avec l'ancienne terminologie (blessés graves et blessés légers) car les taux d'accidentologie sont parfois encore donnés selon cette terminologie (cf. Bilan de l'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière). Les taux d'insécurité utilisés dans le rapport correspondent donc à des blessés graves et légers.

Si l'on a des données par blessés hospitalisés et blessés non hospitalisés, les valeurs tutélares à utiliser pour obtenir la même valorisation des coûts d'insécurité qu'avec l'ancienne terminologie sont les suivantes :

- valeur du blessé hospitalisé = 12.5% de la valeur de la vie humaine statistique (375 000 €) ;
- valeur du blessé non hospitalisé = 0.5% de la valeur de la vie humaine statistique (15 000 €).

3.4 - Externalités environnementales

Dans le rapport Quinet, 2 nouvelles classes de densités ont été ajoutées (cf. tableau ci-dessous), ce qui permet de mieux différencier les effets en terme de pollution de l'air ou de bruit selon la densité de la zone traversée.

Boiteux	Interurbain	Urbain diffus	Urbain dense		
Quinet	Rural	Semi-urbain	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette (hab/km ²)	< 37	37-450	450 - 1 500	1 500 - 4 500	> 4 500
Densité moyenne (hab/km ²)	< 25	250	750	2 250	> 6 750

Tableau 8 : Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

3.4.1 - Pollution atmosphérique

Pour chaque classe de densité, les valeurs de la pollution de l'air en €/veh.km augmentent entre Boiteux 2 et Quinet, ce qui est notamment dû à l'augmentation de la valeur de la vie humaine statistique. De plus les écarts relatifs entre les types de densité augmentent également.

Pollution atmosphérique (€/100 veh.km)	Boiteux € ₂₀₁₀ année 2010	Quinet tous motifs € ₂₀₁₀ année 2010
VL interurbain	0.1	0.9
VL urbain diffus	0.8	1.3
VL urbain	-	1.7
VL urbain dense	2.2	4.3
VL urbain très dense		15.8
PL interurbain	0.4	6.4
PL urbain diffus	6.9	9.4
PL urbain	-	17.7
PL urbain dense	19.6	37.0
PL urbain très dense	-	186.6

Tableau 9 : Valeurs de la pollution atmosphérique

Des valeurs plus détaillées par type de polluant sont également proposées dans le rapport Quinet et peuvent être utilisées si l'on a des données de parc détaillées et une projection du parc à l'horizon d'évaluation. A défaut on applique à ces valeurs un taux de croissance annuel de - 6% sur la période 2010-2020 prenant en compte les évolutions des émissions du parc roulant (lié au développement des véhicules Euro/Euro 5 et 6), puis stable ensuite.

3.4.2 - Effets amont-aval

Les effets amont-aval sont une externalité environnementale qui n'existait pas en tant que telle dans le rapport Boiteux 2.

Les valeurs de référence reprises dans le rapport Quinet sont centrées sur les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre lors de la production d'énergie et de sa distribution (externalités amont), à savoir :

- pollution atmosphérique due aux émissions du « puits au réservoir » de PM10, PM2.5, NOx, SO₂ et COVNM ;
- changement climatique dû aux émissions du « puits au réservoir » de gaz à effet de serre (CO₂, N₂O et CH₄).

Ces effets s'ajoutent à la pollution atmosphérique qui prend en compte uniquement la phase de circulation des véhicules.

Effets amont-aval (€/100veh.km)	Boiteux	Quinet
VL	-	0.9
PL	-	2.96

Tableau 10 : Valeurs tutélaires des effets amont-aval

3.4.3 - CO₂

Concernant le coût de la tonne de CO₂, le rapport Quinet reprend les recommandations du rapport Quinet de 2008 avec :

- 32 €₂₀₁₀ la tonne de CO₂ en 2010. Cette valeur retenue par la Commission du Centre d'analyse stratégique présidée par Alain Quinet et reprise par le rapport du CGSP (2013) est cohérente avec la valeur précédemment préconisée dans le rapport Boiteux 2 ;
- 100 €₂₀₁₀ la tonne de CO₂ en 2030. Son niveau reflète la valeur estimée requise à ce stade pour respecter les engagements de la France et de l'Europe ;
- Au-delà de 2030, la valeur de la tonne de CO₂ suit le taux d'actualisation.

3.4.4 - Bruit

L'instruction cadre d'évaluation de 2007 reprend les valeurs du rapport Boiteux 2 basées sur la méthode des prix hédoniques, puis propose une méthode simplifiée à mettre en œuvre dans les projets de transport.

Dans la pratique, le calcul des avantages de bruit n'est jamais intégré au bilan socio-économique dans les évaluations standard pratiquées par le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE)⁵, à la fois à cause de raisons pratiques (l'obtention des données suffisantes pour mener le calcul) et à cause de la simplification qui conduit à considérer les effets à partir de variations de 2dB.

La méthode de monétarisation nécessite d'utiliser des modèles de prévision du bruit et d'en déduire, à partir des prévisions de trafic, une cartographie de l'exposition des logements aux niveaux de bruit retenus dans le rapport Boiteux. La mise en œuvre dans le cadre du bilan socio-économique nécessiterait de simuler cette exposition à différents horizons, en fonction des niveaux de trafic correspondants. Or les évaluations sont en général réalisées à un stade des études où le tracé n'est pas assez précis pour déterminer le nombre de logements exposés et leur niveau d'exposition. Il s'agit, pour pouvoir appliquer la méthode du rapport Boiteux 2, d'obtenir les niveaux de bruit auxquels sont exposés les riverains de l'infrastructure, en référence et en projet. Il faut donc avoir une cartographie du bruit sur le réseau concerné par le calcul de bruit. Or les cartes de bruit en situation de référence et en situation de projet, et projetées sur la durée de l'évaluation, sont rarement voire jamais disponibles.

⁵ Certaines études acoustiques réalisées dans le cadre des études préalables proposent une monétarisation des effets du bruit selon la méthodologie recommandée dans l'Instruction cadre de 2007 (voir l'exemple du prolongement de l'A16). Ce travail n'est toutefois pas systématique et intervient généralement après l'évaluation socio-économique du projet.

Le rapport Quinet de 2013 propose à la fois des valeurs en €/dB/personne exposée et par an, qui peuvent être appliquées si l'on a les données correspondantes en option de référence et de projet ; et des valeurs en €/veh.km qui sont présentées ci-dessous. On notera que les valeurs unitaires du bruit (en €/dB/personne exposée et par an) sous-jacentes aux coûts moyens ci-dessous sont proches de celles du rapport Boiteux 2 (cf. annexe 5).

Le coût moyen est utilisé pour les nouveaux aménagements et le coût marginal est utilisé pour des variations de trafic marginales.

Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût moyen VL	Coût moyen PL	Coût marginal VL	Coût marginal PL
Rural	Autoroute	0.5	1.9	0.03	0.1
	Nationale ou départementale	1.9	13.6	0.12	0.8
	Communale	10.5	115.2	0.63	6.9
Semi-urbain	Autoroute	2.0	7.8	0.12	0.5
	Nationale ou départementale	3.3	23.4	0.20	1.4
	Communale	16.9	168.6	1.01	10.1
Urbain	Autoroute	5.6	22.5	0.34	1.3
	Nationale ou départementale	5.7	39.7	0.34	2.4
	Communale	31.5	314.6	1.89	18.9
Urbain dense	Autoroute	8.3	33.1	0.50	2.0
	Nationale ou départementale	9.1	64.0	0.55	3.8
	Communale	37.9	379.3	2.28	22.8
Urbain très dense	Autoroute	14.0	56.0	0.84	3.4
	Nationale ou départementale	16.8	117.9	1.01	7.1
	Communale	43.0	430.5	2.58	25.8

Tableau 11 : coûts moyens du bruit routier en €₂₀₁₀/1000veh.km

Trafic dense

Un trafic est défini comme dense quand il est supérieur à 80 % de la capacité de la route considérée.

Pour déduire les coûts du bruit en situation de trafic dense à partir des coûts du bruit en situation de trafic peu dense, on utilise les coefficients suivants pour les coûts moyens et les coûts marginaux :

- Pour les autoroutes :
 - pour avoir les coûts PL on multiplie les coûts PL en trafic peu dense par 1,3.
 - pour avoir les coûts VL on multiplie les coûts VL en trafic peu dense par 0,7.
- Pour les autres routes non urbaines :
 - pour avoir les coûts VL et PL, on multiplie les coûts VL et PL en trafic peu dense par 0.9.
- Pour les routes urbaines :
 - pour avoir les coûts PL on multiplie les coûts PL en trafic peu dense par 1,1.
 - pour avoir les coûts VL on multiplie les coûts VL en trafic peu dense par 0,9.

4 - Mises à jour des valeurs non réglementaires

Les coûts ci-dessous sont donnés en €₂₀₁₀ pour l'année 2010.

4.1 - Coût d'usage du véhicule

Le coût d'usage du véhicule est considéré constant en euros constants. Il peut être décomposé de la façon suivante :

- carburant ;
- entretien courant, pneumatiques, lubrifiants ;
- dépréciation du véhicule (amortissement de l'achat du véhicule).

4.1.1 - Carburant

Dans le calcul socio-économique, on considère que le coût du carburant est constant en euros constants donc théoriquement les coûts pour l'année 2013 devraient être égaux aux coûts pour l'année 2000. Cependant depuis 2000 on observe une augmentation plus rapide du prix du diesel que du prix de l'essence. On considère que le parc VL est constitué pour 28% de voiture essence et 72% de diesel (CCTN (Commission des Comptes Transport de la Nation) 2012) [16]. On suppose une récupération partielle de la TICPE par les PL de 4%, et on néglige la régionalisation de la TICPE.

Les prix du carburant sont mis à jour de la façon suivante :

coût carburant € ₂₀₁₀	€TTC/L	TICPE
gazole	1.3	0.607
essence	1.45	0.428

Tableau 12 : Coûts du carburant en €₂₀₁₀

euros 2010 / L	PL	VL
coût carburant TTC	1.06	1.30
dont TVA	-	0.22
TICPE	0.428	0.478
coût carburant HT	0.48	0.62

Tableau 13 : Coûts du carburant en €₂₀₁₀

coût carburant HT en euros 2010 / L	PL	VL
Pour l'année 2000 (IC 2007)	0.40	0.38
Mise à jour en 2013	0.48	0.62

Tableau 14 : Comparaison des coûts de carburant HT en euros 2010 pour les années 2000 et 2013

4.1.2 - Courbes Copert

Pour le calcul des émissions de CO₂, on prend la consommation du véhicule calculée avec les courbes Copert, et les facteurs d'émission des sources d'énergie de l'arrêté du 10 avril 2012⁶ pour la phase de fonctionnement, à savoir :

- 2.24kg de CO₂/L d'essence ;
- 2.49 kg de CO₂/L de gazole.

Les courbes Copert utilisées par la suite sont les mêmes que celles utilisées actuellement dans les modules Sétra de TransCAD®, à savoir des courbes tirées de Copert 3 et permettent de calculer la consommation des véhicules à partir de leur vitesse V^7 :

- Pour les VL : consommation de carburant en L/km :

$$\text{Consommation}_{VL} = 0.1381 - 2.34 \times 10^{-3} \times V + 1.6 \times 10^{-5} \times V^2$$

- Pour les PL : consommation de carburant en L/km :

$$\text{Consommation}_{PL} = 0.8248 - 2.084 \times 10^{-2} \times V + 2.57 \times 10^{-4} \times V^2 - 1 \times 10^{-6} \times V^3$$

4.1.3 - Entretien et dépréciation du véhicule

euros 2010 / veh.km pour l'année 2010	PL (IC 2007)	VL (IC 2007)	VL (CCTN 2012) ⁸
Entretien courant, pneumatiques, lubrifiants TTC	0.153	0.083	0.089
<i>dont TVA</i>	<i>0.000</i>	<i>0.014</i>	<i>0.015</i>
Entretien courant, pneumatiques, lubrifiants HT	0.153	0.069	0.074
Dépréciation du véhicule TTC	-	0.032	0.013 (15% achat des véhicules)
<i>dont TVA</i>	<i>-</i>	<i>0.005</i>	<i>0.002</i>
Dépréciation du véhicule HT	-	0.027	0.011

Tableau 15 : Coûts d'usage du véhicule hors carburant en €₂₀₁₀/veh.km pour l'année 2010

4.2 - Taux d'insécurité en interurbain

⁶ Annexe I de l'arrêté du 10 avril 2012 pris pour l'application des articles 5, 6 et 8 du décret n° 2011-1336 du 24 octobre 2011 relatif à l'information sur la quantité de dioxyde de carbone émise à l'occasion d'une prestation de transport.

⁷ Dans les tests effectués par la suite, cette vitesse moyenne est la vitesse déduite du trafic en TMJA et des courbes débit-vitesse.

⁸ Les valeurs sont calculées à partir des dépenses annuelles des ménages (INSEE, compte nationaux base 2005 – juin 2013) et du bilan de la circulation en 2012 (comptes transports de la nation 2012 [16]) et avec une dépréciation de 15 % par an.

Les taux d'accidentologie par type de route ci-dessous sont, dans le premier tableau, ceux de l'instruction cadre de 2007 puis, dans le deuxième tableau, une mise à jour des taux d'insécurité en 2013 basée sur les données (2008-2010) indiquées en annexe 2. La mise à jour de ces taux était nécessaire à la fois du fait de l'ancienneté des données et du changement de périmètre du RRN (Réseau Routier National).

ROUTE	Nombre d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	Tués pour 100 accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents
5m et 6m	9.40	17.20	47.30	107.70
7m	7.80	21.50	46.10	112.80
3 voies/9m	7.80	24.80	35.60	108.90
3 voies/10.5m	6.30	24.50	46.60	108.80
4 voies/14m	6.10	19.60	41.80	121.80
2x2 voies (carrefour plan)	5.50	13.20	27.10	115.70
autoroute concédée	3.80	8.80	21.80	123.50
2x2 voies (route express)	4.80	13.20	27.10	115.70
7m (route express)	6.60	25.00	50.00	125.00
2x2 voies (carrefour giratoire)	5.50	13.20	27.10	115.70
autoroute non concédée	3.80	8.80	21.80	123.50
voie rapide urbaine	3.80	8.80	21.80	123.50

Tableau 16 : taux d'accidentologie par type de voie extrapolés à partir de l'IC de 2007

ROUTE	Nombre d'accidents pour 10 ⁸ véh x km	Tués pour 100 accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents
2 voies, 3 voies/9m 3 voies/10.5m, 4 voies/14m	4.88	38.10	89.30	52.40
2x2 voies (carrefour plan)	5.50	13.20	27.10	115.70
2x2 voies (autoroute concédée)	1.60	15.80	68.20	76.10
2x3 voies et 2x4 voies (autoroute concédée)	1.91	13.40	66.50	78.20
route express	1.86	24.60	71.00	71.30
2x2 voies (carrefour giratoire)	5.50	13.20	27.10	115.70
2x2 voies (ar non concédée)	1.60	15.80	68.20	76.10
2x3 voies et 2x4 voies (ar non concédée)	1.91	13.40	66.50	78.20
2x2 voies (voie rapide urbaine)	8.37	4.60	27.50	112.60
2x3 voies et 2x4 voies (voie rapide urbaine)	7.76	4.10	28.30	112.00

Tableau 17 : taux d'accidentologie par type de voie calculé à partir des données de l'annexe 2 (données 2008-2010)

Pour les 2*1voie et les autoroutes non concédées, on a globalement une baisse du nombre d'accidents par véh.km mais une hausse de leur gravité tandis que sur les voies rapides urbaines on observe plutôt une augmentation du nombre d'accidents par véh.km et une diminution de leur gravité.

4.3 - Coûts de grosses réparations, d'entretien et d'exploitation

A défaut d'une mise à jour des coûts d'entretien, d'exploitation, de grosses réparations et d'investissements complémentaires sur autoroutes en service (ICAS), les coûts de l'IC de 2007 sont mis en euros 2010 pour l'année 2010 par utilisation des déflateurs spécifiques. Les différents déflateurs utilisés pour convertir les coûts de construction, d'entretien, d'exploitation, de grosses réparations et d'ICAS d'euros 2000 pour l'année 2000 à des euros 2010 pour l'année 2010 sont indiqués dans le tableau suivant :

Types de coûts	Déflateurs utilisés	Déflateur 2000-2010	Sources
Coûts de grosses réparations et ICAS	TP 01	1.45	Données relatives aux index TP en accès libre sur le site du MEDDE
Coûts d'entretien	TP 09 ter à partir d'octobre 1991 (par défaut, TP 09 avant cette date)	1.41	
Coûts d'exploitation	Indice des prix du PIB (coûts plus proches de consommations intermédiaires que de consommations finales)	1.42	Données relatives à la variation en volume du PIB disponibles sur le site de l'INSEE

Tableau 18 : Indices utilisés pour la révision des coûts de construction, d'entretien, d'exploitation et de grosses réparations

L'évolution des coûts d'infrastructure (grosses réparations, entretien, exploitation) hors inflation est donc d'environ 20% entre 2000 et 2010. Dans les tests ci-dessous, on considère que les coûts d'entretien et d'exploitation sont constants en euros constants à partir de 2010. Les coûts par type de route sont détaillés dans l'annexe 3. Les coûts des grosses réparations sont également considérés constants en euros constants, bien que le rapport du CGSP propose une élasticité de l'indice TP01 au PIB.

5 - Synthèse des évolutions des valeurs tutélaires et règles de calcul depuis 1962

€ ₂₀₁₀ pour l'année 2010	unité	cycle d'études 1961-1962	1970	1980	1986	1998	2004	2014 (Quinet + mise à jour)
règles de calcul		toutes valeurs constantes en € constants	selon la valeur	selon la valeur	selon la valeur			
taux d'actualisation			10%	9%	8%	8%	4% à 2%	Système d'actualisation autour de 4.5%
durée d'évaluation						30 ans avec valeur résiduelle à l'infini	50 ans avec valeur résiduelle nulle	Horizon d'évaluation : 2070 avec VR jusqu'en 2140
COFP/CFRFP			1.2	1.2	1.2 à 2.4	non mentionné	1.3	1.2 + 0.07
usure, entretien du véhicule, huile						comprend la dépréciation pour les VL		
VL (TTC)	veh.km	<i>pratiquement négligeables</i>	0.05	0.08	0.07	0.11	0.12	0.09
PL (TTC)	veh.km	<i>pratiquement négligeables</i>	0.22	0.28	0.22	0.17	0.15	0.15
carburant TTC								
<i>essence</i>	L		1.18					
<i>gasoil</i>	L		0.75					
<i>huile (par kg)</i>	kg	0.69 /100 km	4.84					
VL	L			1.34	1.21	1.05	1.23	1.30
PL	L			0.94	0.90	0.69	0.88	1.06

€ ₂₀₁₀ pour l'année 2010	unité	cycle d'études 1961-1962	1970	1980	1986	1998	2004	2014 (Quinet + mise à jour)
mps				0		croissance avec la CFM/tête pour les VL	croissance avec 0.7*CFM/tête pour les VL	croissance avec 0.7*PIB/tête pour les VL
VL	heure/veh	11	13	13	13 (valeur révélée) 20 (valeur tutélaire)	19	16 à 41	11 à 34
PL	heure/veh	18	25	20	34	44	46	46
<i>transporteur</i>	<i>heure/veh</i>		25	20	34		37	37
<i>chargeur</i>	<i>heure/vel</i>						9	7
bonus ou malus de confort	veh.km		bonus autoroutier : 0.089			croissance avec la CFM/tête	croissance avec 0.7*CFM/tête	croissance avec 0.7*PIB/tête
chaussée unique	veh.km		0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
carrefour non dénivelé	veh.km		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
caractère non autoroutier	veh.km		0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
accès non limité	veh.km		0.02	0.01	0.01	0.010	0.01	0.01
péages								
VL	veh.km		0.09	0.09		0.07	0.08	
PL	veh.km		0.13	0.18		0.15	0.18	

€ ₂₀₁₀ pour l'année 2010	unité	cycle d'études 1961-1962	1970	1980	1986	1998	2004	2014 (Quinet + mise à jour)
accident corporel						croissance avec la CFM/tête	croissance avec la CFM/tête	croissance avec le PIB/tête
1 tué	-	228 000	247 000	407 000	413 000	941 500	1 360 000	3 000 000
1 blessé grave	-	8 000	11 000	12 000	37 000	97 000	204 000	450 000
1 blessé léger	-	0	11 000	12 000	2 500	20 500	27 200	60 000
dégâts matériels	accident	4 000	4 000	3 500	3 500	5 500	4 600	4 600
pollution atmosphérique								
VL								
urbain dense	veh.km					0.01 à 0.03	0.022	0.017, 0.043 ou 0.158 selon la densité
urbain diffus	veh.km					-	0.008	0.013
rase campagne	veh.km					0.01 à 0.02	0.001	0.009
PL								
urbain dense	veh.km					0.10 à 0.18	0.196	0.177, 0.37 ou 1.866 selon la densité
urbain diffus	veh.km					-	0.069	0.094
rase campagne	veh.km					0.07 à 0.13	0.004	0.064
CO₂	tonne de CO ₂					effet de serre	32	32
VL	veh.km					0.01	0.085	
PL	veh.km					0.03	0.090	

€ ₂₀₁₀ pour l'année 2010	unité	cycle d'études 1961-1962	1970	1980	1986	1998	2004	2014 (Quinet + mise à jour)
Effets amont-aval								
VL	veh.km							0.009
PL	veh.km							0.0296
Bruit						Boiteux 1 non appliqué	Boiteux 2 non appliqué	Valeurs en €/veh.km variables selon la densité de trafic et la densité de la zone

6 - Recommandations de pistes d'approfondissement

6.1 - Calcul de surplus des usagers

Le rapport Quinet consacre une partie au calcul de surplus en distinguant le calcul de surplus « classique » utilisant les valeurs de référence, notamment les valeurs du temps et de confort, du calcul de surplus à l'aide des fonctions d'utilité prises en compte par les modèles de trafic. Il recommande de développer cette dernière approche, mais de façon robuste et avec précaution. En effet, la majorité des modèles de demande actuellement disponibles, notamment dans le secteur des transports, s'y prêtent peu pour des raisons de conception technique et de modalités d'utilisation pratique.

Plusieurs conditions semblent nécessaires pour que ce calcul soit possible :

- seules certaines formes de fonction d'utilité (notamment les modèles de type logit) rendent le calcul de surplus possible ;
- les fonctions d'utilité doivent être utilisées de façon cohérente sur l'ensemble des étapes du modèle de trafic ;
- le modèle de trafic doit pouvoir « tracer » les choix de mode et d'itinéraire usager par usager (ou groupe d'usagers par groupe d'usagers qui présentent le même comportement).

L'ensemble de ces conditions est très rarement réuni en pratique.

6.2 - Fiabilité

Le rapport Quinet recommande la prise en compte de la fiabilité dans le surplus des usagers. La méthode proposée dans le rapport du CGSP consiste à utiliser un indicateur de fiabilité

La prise en compte de la fiabilité dans le calcul socio-économique peut se faire par le calcul de surplus directement en sortie du modèle de trafic, si les fonctions d'utilité du modèle intègrent du choix d'horaire ou un indicateur de fiabilité.

Si le calcul de surplus direct n'est pas possible ou si le modèle ne peut pas prendre en compte la fiabilité de façon explicite, on peut faire un calcul dit normalisé, à partir de valeurs de référence présentées dans le rapport Quinet. Dans le rapport Quinet de 2013, une revue bibliographique a été effectuée, concluant, pour les projets routiers, sur l'utilisation d'un indicateur prenant en compte les queues de distribution (valeurs extrêmes) des temps de parcours. L'indicateur est la différence entre le 90^{ème} percentile et la médiane des temps de parcours. La recommandation et les valeurs proposées pour valoriser cet indicateur ont été principalement inspirées par le rapport de Markovitch (2009).

Cependant la principale limite pratique de prise en compte de la fiabilité est un problème de données : en effet il faut pouvoir mesurer la fiabilité en situation existante, et savoir la modéliser sur l'horizon d'évaluation en option de référence et en option de projet.

NB : si l'on utilise une méthode de calcul avec des valeurs de référence, il faut être attentif à toutes les valeurs utilisées dans le calcul de surplus des usagers. En effet, les valeurs du temps, confort, etc. sont généralement calibrées en même temps et la spécification de la fonction d'utilité du modèle ne permet pas forcément de distinguer clairement la « part fiabilité » comprise dans la valeur du temps ou dans le malus d'inconfort par exemple. Ce type de calcul est donc à utiliser avec prudence, en vérifiant les valeurs obtenues par comparaison avec des projets comparables. Ces valeurs peuvent notamment être comparées à des projets américains, la prise en compte de la fiabilité étant une pratique plus courante aux Etats-Unis qu'en France.

7 - Fonctionnement de l'outil de calcul socio-économique au regard des recommandations du CGSP sur le calcul du surplus

Cette partie revient sur le calcul de surplus dans les outils de calcul socio-économique en interurbain du RST (modules Sétra de TransCAD® et programmes de calcul économique en sortie d'affectation des trafics). Dans un premier temps les modules Sétra de TransCAD® sont présentés, avec notamment la représentation de l'offre, de la demande et la loi d'affectation sous les modules Sétra, puis dans un second temps ces éléments sont mis en regard des recommandations du CGSP sur le calcul de surplus.

7.1 - TransCAD® et les modules Sétra

Le Sétra a lancé en 2003 l'opération IMAPT (Informatisation d'un Modèle d'Affectation Prix-Temps) destiné à renouveler l'outillage du Réseau Scientifique et Technique du Ministère pour succéder à l'outil Ariane suite à une étude d'opportunité réalisée en 2000.

Cette opération a conduit à acquérir, suite à un appel d'offres, des licences du logiciel TransCAD®, développé par la société Caliper, qui est un logiciel de planification des transports comprenant un Système d'Information Géographique. En outre, dans le cadre du contrat "Fourniture et adaptation d'un logiciel de planification des transports", le groupement Setec – Caliper a développé différents modules complémentaires qui permettent d'utiliser TransCAD® à la place du logiciel ARIANE pour les prévisions de trafic et les calculs socioéconomiques des infrastructures routières.

Les modules développés, dits "modules Sétra" sont des routines implémentées dans le logiciel TransCAD® et destinés aux modélisateurs du Réseau Scientifique et Technique du Ministère en charge de l'évaluation socio-économique des projets d'infrastructures routières.

Ces modules, diffusés au sein du Réseau Scientifique et Technique depuis 2008, regroupent différentes fonctionnalités nécessaires à l'évaluation socio-économique d'un projet routier (telle que définie par l'Instruction cadre du 25 Mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, mise à jour le 27 Mai 2005) dans une boîte à outils Sétra accessible dans la barre des menus du logiciel TransCAD® lorsque les modules sont installés. Ces fonctions sont les suivantes :

- la gestion des scénarios d'affectation : différents objets et procédures ont été développés pour faciliter la gestion des scénarios d'évolution de l'offre et de la demande de transport routier à différents horizons futurs et le test d'hypothèses. La gestion, l'organisation des données et le suivi des résultats en sont nettement facilités par rapport aux procédures de base de TransCAD®.
- la procédure d'affectation basée sur un algorithme prix-temps multi-chemins dont la spécification a été fournie par le Sétra. Cette procédure d'affectation utilise une répartition de la valeur du temps selon une loi log-normale et prend en compte la congestion sur la base d'une procédure d'équilibre. Des fonctions temps – débits répondant aux spécifications Sétra ont été programmées.
- l'analyse des résultats d'affectation avec la mise au point d'une procédure permettant d'analyser les chemins issus de l'affectation et d'effectuer des analyses de chevelus sur la base du dernier éditeur de requêtes de chevelus disponibles dans TransCAD®.
- la procédure de calcul économique : il s'agit d'une routine permettant de réaliser automatiquement un calcul socio-économique actualisé sur la base d'affectations de trafic réalisées à divers horizons et en fonction des scénarios de référence et de projet définis précédemment dans le gestionnaire. Le calcul complet est réalisé en deux temps : les affectations sont réalisées avec le logiciel TransCAD®

et une première série de fichiers de résultats est obtenue, ces résultats sont ensuite exportés pour être modifiés avec une macro Excel afin de tenir compte d'un taux d'actualisation variable.

Les modules Sétra sont intégrés à l'environnement TransCAD®, ce qui permet de bénéficier de l'ensemble des outils cartographiques SIG du logiciel. En revanche, il n'est pas toujours possible d'utiliser à la fois des routines du logiciel standard et des modules. Par exemple, il n'est pas possible d'utiliser la routine d'affectation prix-temps sur un réseau multimodal ou de lancer des affectations avec une procédure disponible dans TransCAD® de base sur les scénarios définis dans les modules Sétra.

Par ailleurs, les modules Sétra offrent une souplesse parfois limitée dans la modification de certains paramètres. A l'inverse, ils fixent un cadre unique et relativement simple pour effectuer à la fois une étude de trafic et un calcul socio-économique afin d'alimenter les réflexions liées à la planification des infrastructures de transport.

7.2 - Affectation de trafic

Les modèles macroscopiques et statiques d'affectation routière

Les modèles utilisés pour évaluer des grands projets d'infrastructure routière sont des modèles dits macroscopiques et statiques. Ils permettent de représenter les flux et itinéraires des véhicules ou voyageurs sur les réseaux de transport.

Le terme macroscopique fait référence au mode de représentation des véhicules ou voyageurs, considérés comme des flux homogènes. Ils ne sont donc pas identifiables individuellement (comme dans les modèles microscopiques).

Le terme statique renvoie à la dimension temporelle de l'étude. Les modèles d'affectation statiques traitent une certaine période temporelle, considérée seulement en moyenne, donc en négligeant les variations qui dans la réalité surviennent au cours du temps. À l'opposé, les modèles d'affectation dynamiques étudient les variations temporelles à l'intérieur d'une période donnée. Dans ces modèles, il y a des interactions locales entre les pas de temps successifs, alors que les modèles statiques étudient des périodes de temps de façon indépendante.

Dans le cadre des projets interurbains, la période retenue est l'année et on considère ainsi des Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA). On notera que dans le domaine urbain, les moyennes temporelles les plus étudiées correspondent aux heures de pointe.

En outre, les modèles utilisés sont dits à contrainte de capacité. En effet, l'offre représentée par des sections de routes homogènes, est soumise à la congestion : les temps de parcours se dégradent quand la circulation s'intensifie. Cette prise en compte se fait par l'intermédiaire de courbes temps-débit (aussi appelées courbe débit-vitesse). Les flux empruntant un arc peuvent cependant dépasser le paramètre de capacité que l'on peut traduire comme le débit où la saturation apparaît. Pour plus de détails sur les courbes temps-débit, voir (Sétra, 2012 [18]).

Représentation de l'offre de transport

Dans les modules Sétra de TransCAD®, l'offre de transport est représentée par le réseau routier, composés d'arcs, dont les caractéristiques sont principalement paramétrées à partir de types d'arcs prédéfinis (par exemple, les autoroutes concédées à 2x2 voies, les routes bidirectionnelles de 7m, ...). La table des types de routes (environ une trentaine) s'appelle **la table de typologie** (la table Setra_VDF pour les modules Sétra).

Représentation de la demande de transport

La demande de transport est représentée par des flux en Véhicules Légers (VL) et Poids Lourds (PL) devant s'écouler entre des points du réseau : depuis un point Origine vers un point Destination, pendant

une période donnée (en interurbain, il s'agit du TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel). La demande est en fait agrégée selon un découpage en zones (le zonage), chacune étant représentée par un point appelé centroïde de zone, servant d'origine ou de destination aux flux.

Dans TransCAD®, ces flux sont stockés dans des matrices OD (Origine-Destination), sous forme de tableaux, à partir desquels de nombreux calculs matriciels sont possibles.

La demande de transport est établie préalablement à toute étude de simulation, et la méthode d'élaboration de cette demande est quasiment systématiquement élaborée à partir d'enquêtes OD réalisées par interview des conducteurs aux bords des routes.

Par opposition, les autres méthodes d'élaboration de la demande, généralement utilisées dans les modèles urbains par exemple, font appel à un modèle de demande composé des étapes de génération et de distribution des déplacements entre les OD, et souvent aussi d'une étape de choix entre différents modes de transports (d'où leur dénomination de modèles à quatre étapes en comptant celle de l'affectation). Ces étapes sont réalisables avec TransCAD® en dehors des modules Sétra.

Représentation des trafics locaux : l'utilisation du pré-chargement

On peut ajouter aux arcs des pré-chargements (ou trafics locaux) qui correspondent à des véhicules dont la distance de déplacement est courte, depuis et vers l'intérieur d'une même zone (d'où leur appellation trafics locaux). Ils peuvent également correspondre à des véhicules dont on sait qu'ils empruntent le réseau (d'après les comptages) mais qui n'ont pas été enquêtés.

Ces flux peuvent ainsi être pris en compte dans la charge de trafic par arc pour le calcul des temps de parcours : les omettre revient à surestimer les vitesses en charge, c'est-à-dire à sous-estimer les temps de parcours.

Pour une section donnée, les pré-chargements sont généralement obtenus par la différence entre les flux modélisés par arc, et le flux total connu à partir des données de comptages de trafic.

On fait l'hypothèse que ces trafics locaux sont captifs de leur itinéraire, ils n'apparaissent donc pas dans la matrice OD mais directement au niveau des arcs du réseau, afin d'être pris en compte dans le niveau de service du réseau via les calculs de temps de parcours.

Dans TransCAD®, pour représenter ces trafics locaux, on utilise des champs par arc définis au niveau du réseau dans la base de données d'offre.

Plus il y a de pré-chargements sur un itinéraire, plus les usagers vont se reporter sur les itinéraires alternatifs, comme le projet étudié par exemple. Mais encore, plus il y a de pré-chargements, plus les vitesses en charge sont faibles, et plus les gains en temps de parcours liés à l'amélioration du réseau sont importants. Enfin, les trafics locaux bénéficient eux aussi des gains en niveau service, et viennent ainsi améliorer le bilan socio-économique des projets. Ces trois facteurs liés à l'ajout de pré-chargements jouant dans le même sens au niveau du bilan, il est important que l'étude de trafic soit transparente sur ce point. Pour cela, on recommande que toute étude de trafic donne une représentation cartographique des volumes de trafics pré-chargés sur le réseau.

Loi d'arbitrage Prix-Temps

Par analogie avec les modèles économiques, le modèle prix - temps différencie les demandeurs de déplacement, c'est-à-dire les usagers, au moyen d'un attribut de valeur du temps qui est distribué statistiquement parmi la population.

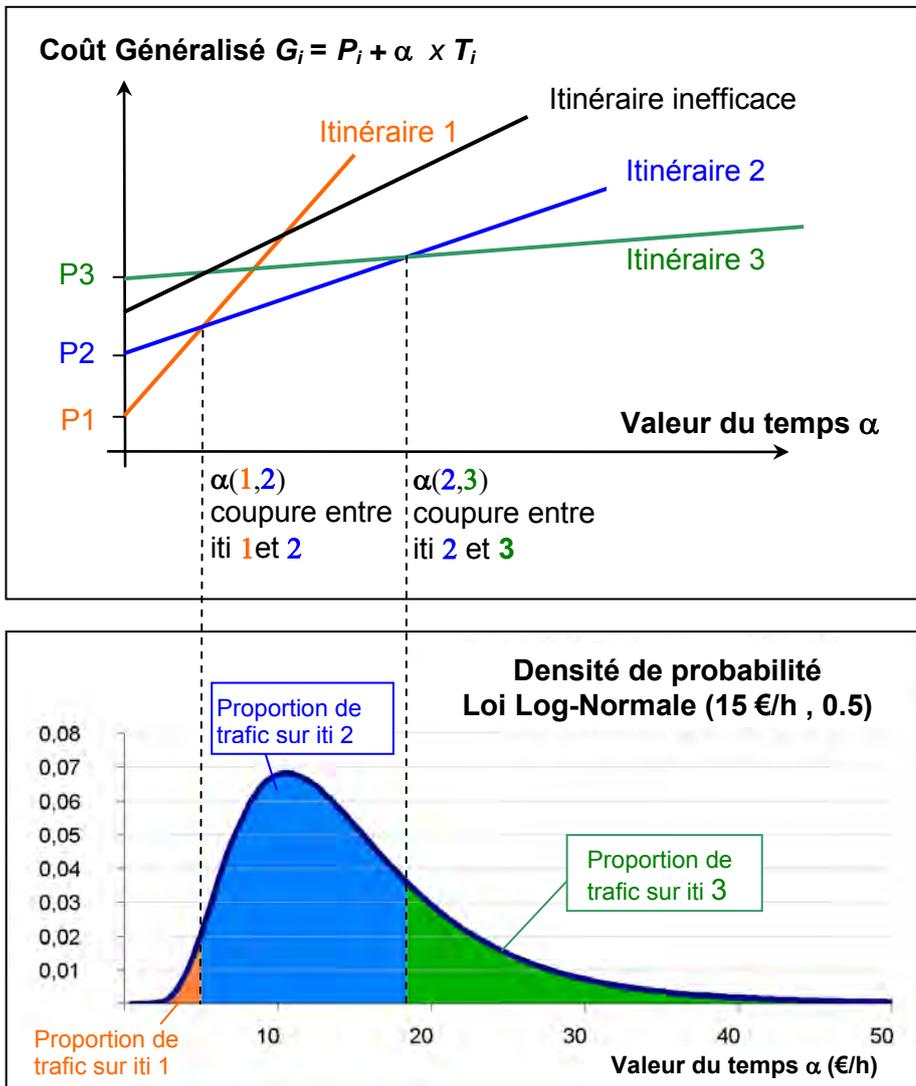
Les demandeurs à forte valeur du temps préfèrent les itinéraires rapides même s'ils sont chers, tandis que les demandeurs à faible valeur du temps choisissent les itinéraires moins chers, même s'ils sont plus lents. Le prix - temps élimine les itinéraires inefficaces : il exclut ainsi tout chemin tel qu'il en existe un autre à la fois plus rapide et moins cher.

On fait l'hypothèse que la valeur du temps des usagers est répartie de façon continue au sein de la population, selon une distribution log-normale. Cette loi est couramment utilisée pour représenter la distribution d'une valeur positive au sein d'une population comme la valeur du temps (et aussi par exemple les revenus des ménages). Cette distribution est définie à l'aide de deux paramètres, sa moyenne et son écart-type.

La règle de choix d'itinéraire par l'utilisateur exprime simplement sa rationalité économique individuelle : chaque usager choisit l'itinéraire qui minimise son coût généralisé : $G = P + \alpha T$ où

- P est le prix, c'est-à-dire les coûts de circulation, de péage...
- T est le temps de parcours sur l'itinéraire
- α est la valeur du temps des usagers.

La règle s'illustre sur un diagramme des coûts généralisés des itinéraires en fonction de la valeur du temps des usagers pour une O-D :



Sur le premier graphe, l'enveloppe inférieure des coûts généralisés représente le coût généralisé minimum offert par les différents itinéraires de la relation O-D à chaque valeur du temps. Pour chaque valeur du temps, elle donne l'itinéraire (ou chemin) choisi.

On peut déterminer graphiquement la valeur du temps de coupure α^* entre les itinéraires 1 et 2, donnée par l'intersection des deux droites correspondant aux deux itinéraires :

- Itinéraire 1 de temps T_1 élevé et prix P_1 bas, droite d'équation : $G = P_1 + \alpha^* T_1$
- Itinéraire 2 de temps T_2 bas et prix P_2 élevé, droite d'équation : $G = P_2 + \alpha^* T_2$

La résolution donne : $\alpha^* = \frac{P_2 - P_1}{T_1 - T_2}$

L'itinéraire 1 est choisi par les usagers dont la valeur du temps est inférieure à la valeur du temps de coupure α^* (parfois aussi appelée valeur du temps critique). Ainsi, la proportion d'usagers affectés au chemin 1 est égale à la probabilité de choisir le chemin 1. Elle est égale à la probabilité que l'utilisateur ait sa valeur du temps inférieure à α^* que l'on peut déterminer à l'aide de la fonction de répartition cumulée.

7.3 - Calcul de surplus à partir des modules Sétra de TransCAD®

Dans les modules Sétra de TransCAD®, les affectations sont effectuées *a minima* tous les 5 ans et il est recommandé de les faire dès qu'il y a un changement dans le réseau. Les trafics sont sortis en TMJA.

Surplus en sortie de modèle

La loi d'affectation prix-temps implémentée au sein des modules Sétra de TransCAD® est déterministe : seuls les itinéraires efficaces se voient affectés du trafic. En d'autres termes, seuls les itinéraires de coût généralisé minimum pour une certaine partie des usagers (c'est-à-dire pour une valeur du temps) sont sélectionnés. Or, on sait que les modèles ne permettent pas de capter l'ensemble des paramètres déterminants du choix d'itinéraire des usagers. Ainsi certains usagers n'emprunteront jamais un itinéraire payant quel que soit le temps gagné via celui-ci et inversement certains usagers feront systématiquement le choix d'emprunter les autoroutes concédées. Cela conduit, lors du calage du modèle à retenir une loi de distribution log-normale pour la valeur du temps présentant une moyenne élevée et un écart type important afin de tenir compte de la diversité des comportements. Cette distribution ainsi calée ne peut être utilisée pour déterminer un surplus directement en sortie du modèle de trafic : voir le rapport Sétra *Modèles de trafic routier, Influence des composantes du niveau de service (temps, péage, confort, ...)* sur le choix d'itinéraire [23].

Cette loi d'affectation semble donc poser problème pour réaliser un calcul de surplus directement en sortie de modèle car la valeur du temps calée dans le modèle est très éloignée, en médiane, des valeurs du temps de référence du rapport Quinet. A défaut, le surplus des usagers est calculé de manière normalisée, à l'aide de valeurs de référence.

Calcul du surplus par OD

Pour les VL, le calcul de surplus est effectué par Origine-Destination. La valeur du temps de l'OD est déterminée en fonction de la distance des itinéraires pondérée par les trafics de chaque itinéraire de l'OD. Pour les PL, on affecte au trafic la valeur du temps chargeur plus la valeur du temps transporteur. Les temps sont calculés à partir des courbes débit-vitesse, il s'agit de sorties du modèle de trafic.

Préchargements

Les préchargements représentent les trafics locaux. On leur affecte par défaut la valeur du temps correspondant à des déplacements courtes distances.

Trafic induit

On suppose qu'il n'y a pas de trafic induit par le projet. La demande de transport évolue avec le scénario de référence et on suppose que le réseau de référence pris en compte dans le projet est suffisamment large pour capter les reports de trafic venant du routier. On renvoie au rapport trafic induit [24] pour la justification de ce choix méthodologique.

Report modal

Les modules Sétra de TransCAD® n'offrent pas la possibilité de prendre en compte le report modal.

Confort

Les malus d'inconfort par type de voie sont pris en compte dans l'affectation puis dans le calcul économique sous les modules Sétra de TransCAD®.

Fiabilité

La structure du coût généralisé utilisé dans l'affectation est « figée » : elle correspond au découpage du coût généralisé de l'IC de 2007. La fiabilité n'est donc pas prise en compte dans les modules Sétra de TransCAD®.

8 - Tests sur des projets type

8.1 - Hypothèses générales :

Note : Dans toute cette partie on appellera "écart entre les instructions" la différence entre les valeurs tutélaires de l'IC de 2007 et celles du rapport Quinet rapportée à la valeur de l'instruction de 2007 :

$$\text{écart}\% = \frac{(\text{valeur_Quinet} - \text{valeur_instruction_2007})}{\text{valeur_instruction_2007}}$$

Pour tous les projets et pour tous les cas testés, les hypothèses suivantes sont prises :

- L'année de mise en service est 2020. Les travaux durent 3 ans.
- Les coûts sont donnés en €₂₀₁₀ et actualisés en 2010.
- Le cadrage macro-économique est le suivant :

	2010 – 2025	2026-2050	Après 2050
PIB	1,5 %	1,0 %	0 %
Population (INSEE [16])	0.42%	0.29%	0 %
PIB par tête	1.08 %	0.71 %	0 %
CFM par tête	1.08 %	0.71 %	0 %

Tableau 19 : Taux de croissance annuel moyen du PIB et de la CFM/tête

- Le scénario de croissance des trafics correspond à l'hypothèse centrale de croissance du scénario moyen des projections 2025 du SESP [14], puis sont divisées par 2 entre 2025 et 2050 avant d'être nulles au-delà de 2050 conformément aux recommandations du CGPC [15] soit :

	2010 – 2025	2026-2050	Après 2050
Trafic VL	1,3%	0,6%	0 %
Trafic PL	1,2%	0,6%	0 %

Tableau 20 : Taux de croissance annuel moyen du trafic (taux géométriques)

Les valeurs du temps VL dépendent de la distance des déplacements et les différences entre celles du rapport Quinet et celles du rapport Boiteux varient positivement ou négativement selon la classe de distance considérée (cf. partie 3.1).

Trois tests sont donc effectués, correspondant aux valeurs suivantes :

€ ₂₀₁₀ /h par véhicule	20 km	50 km	100 km
Boiteux	16	17	21
Quinet	12	16	23

Tableau 21 : Valeurs du temps VL par véhicule utilisées pour les tests

8.2 - Description des projets

Deux projets contrastés sont testés. Il s'agit de projets simplifiés et relativement petits. On peut supposer que les variations de valeurs présentées dans ce rapport sont donc plutôt surestimées par rapport à ce qui pourrait arriver sur des plus grands projets, qui ont tendance à « amortir » les variations. Cette remarque s'applique notamment aux variations de gains de temps entre Boiteux et Quinet. En effet, la variation positive ou négative des valeurs du temps selon la distance laisse supposer que sur un projet comportant plusieurs OD les effets relatifs des nouvelles valeurs seront moindres par rapport aux projets stylisés présentés ci-dessous, qui ont une seule OD donc une seule valeur du temps VL.

8.2.1 - Cas 1 : Aménagement sur place (ASP) en zone rurale

Il s'agit d'un projet d'aménagement d'une route nationale à 2*1 voie en une autoroute à 2*2 voies non concédée sur une longueur de 32 km. Les coûts de construction s'élèvent à 300 M€₂₀₁₀.

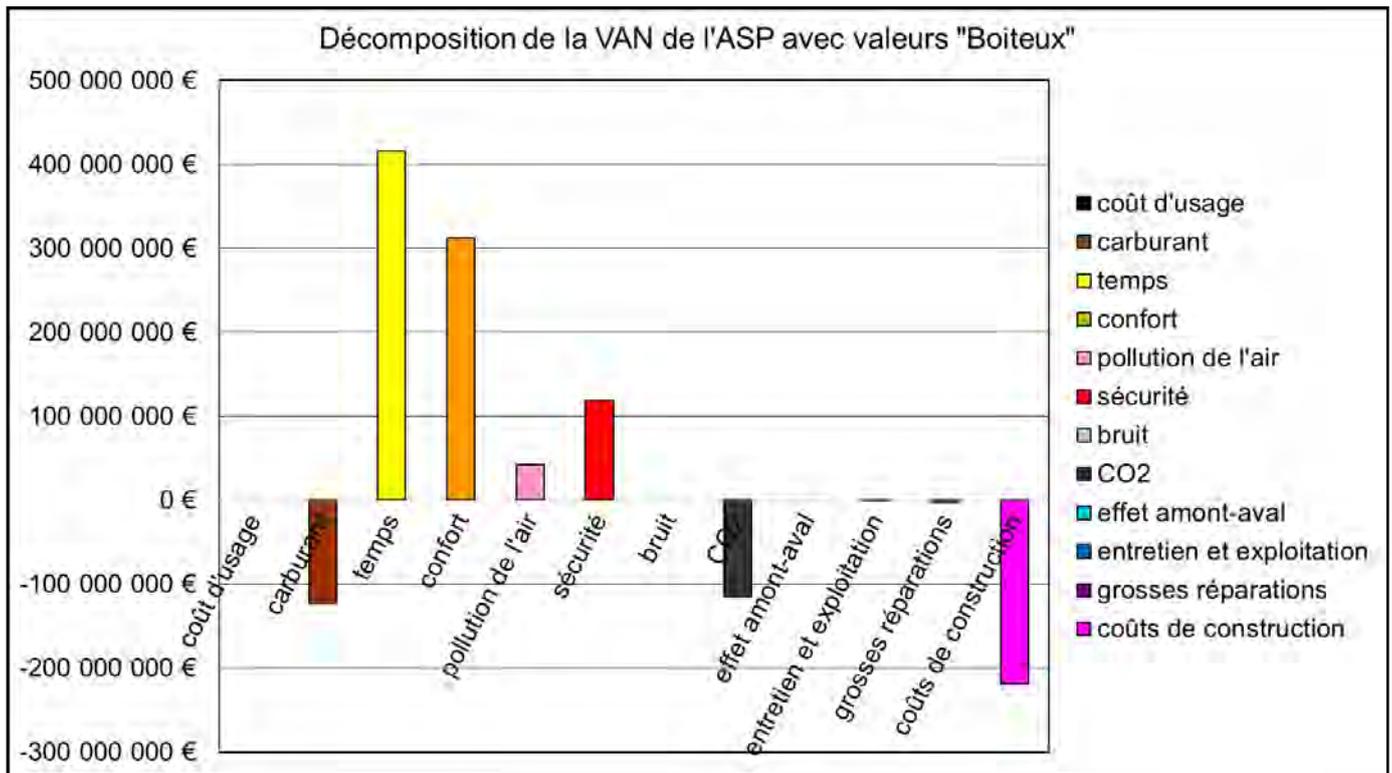
Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

Aménagement sur place en zone rurale	Référence	Projet
Longueur (km)	32	32
Trafic (veh/j) année MES	20 000	25 000
Part PL	15%	15%
Type VDF	7m	2x2 voies (autoroute non concédée)
Type de zone	Urbain diffus	Rural

Tableau 22 : Caractéristiques du projet de petit ASP

Les valeurs prises pour la valorisation des nuisances sonores du projet correspondent à un trafic peu dense.

La VAN (valeur actualisée nette) du projet d'aménagement sur place calculée avec les valeurs Boiteux se décompose de la façon suivante :



8.2.2 - Cas 2 : Petite déviation

Il s'agit d'un projet de petite déviation de 10 km par une autoroute à 2*2 voies non concédée.

Les coûts de construction sont de 100 M€₂₀₁₀.

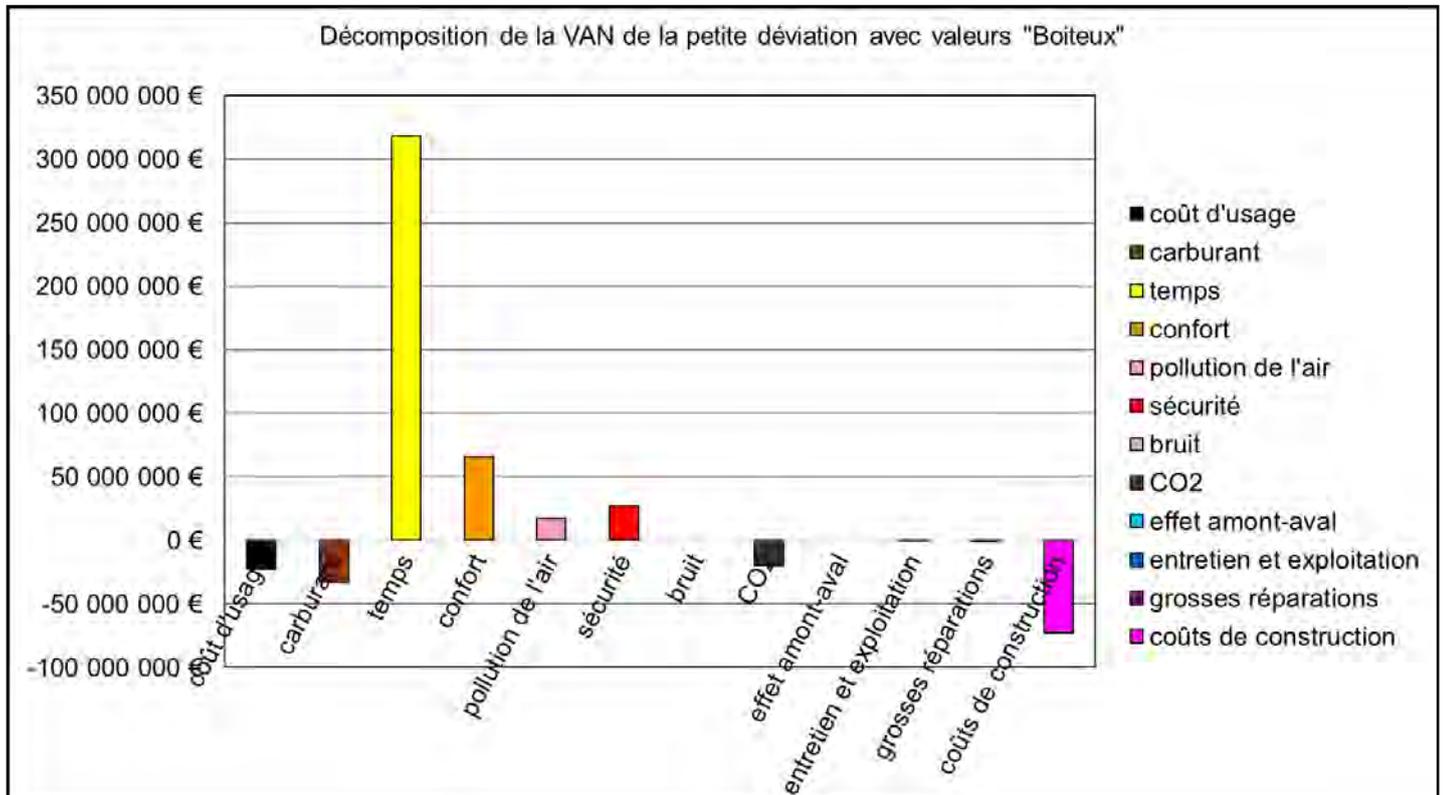
Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

Aménagement sur place en zone rurale	Référence	Projet (route déviée)	Projet (déviation)
Longueur (km)	8	8	10
Trafic (veh/j) année MES	21 000	2 000	19 000
Part PL	15%	15%	15%
Type VDF	2 voies normales en urbain	2 voies normales en urbain	2x2 voies (autoroute non concédée)
Type de zone	Urbain dense	Urbain dense	Rural

Tableau 23 : Caractéristiques du projet de petite déviation

Les valeurs prise pour la valorisation des nuisances sonores du projet correspondent à un trafic peu dense pour la déviation. Des coûts moyens sont appliqués pour la déviation car il s'agit un nouvel aménagement. Il en est de même pour la route déviée car elle présente une forte variation de trafic.

La VAN du projet de déviation calculée avec les valeurs Boiteux se décompose de la façon suivante :



Les avantages de temps représentent donc une part beaucoup plus importante de la VAN pour le projet de déviation que pour le projet d'aménagement sur place.

8.3 - Impact des changements de valeurs tutélaires toutes choses égales par ailleurs

- Les comparaisons des impacts des nouvelles valeurs tutélaires sont faites toutes choses égales par ailleurs, donc les hypothèses suivantes sont identiques pour les 2 simulations :
- les taux d'insécurité mis à jour (cf. partie Taux d'insécurité en interurbain) ;
- les valeurs unitaires non réglementaires mises à jour en €2010 pour l'année 2010 (carburant, coût d'usage du véhicule, coûts d'entretien, d'exploitation et de grosses réparations) (cf. partie Mises à jour des valeurs non réglementaires) ;
- la durée d'évaluation (50 ans) ;
- le taux d'actualisation (4%) et l'année d'actualisation (2010) ;
- le taux d'occupation des véhicules (ENTD 2008) ;
- le chargement moyen des PL (11.4 t/PL).

Les avantages de bruit sont considérés comme n'étant pas valorisés dans le cas de l'application de l'IC de 2007. Des valeurs du bruit existent dans l'IC de 2004 (il s'agit des valeurs du rapport Boiteux 2), mais étant très rarement incluses dans le calcul de rentabilité des projets routiers interurbains, on les considère nulles dans les comparaisons suivantes.

Les valeurs sont présentées en euros 2010. La durée d'évaluation est de 50 ans, le taux d'actualisation de 4% et l'actualisation se fait en 2010.

8.3.1 - Cas 1 : Aménagement sur place en zone rurale

ASP	Classe de distance utilisée pour la valeur du temps VL	Boiteux	Quinet	Variation
VAN	20 km	406 661 k€	421 009 k€	↗ 3.5 %
	50 km	427 336 k€	503 711 k €	↗ 17,9%
	100 km	510 038 k€	648 439 k€	↗ 27.1%
Dont coûts		-222 932 k€	-222 932 k€	→ 0.0%
Dont avantages	20 km	629 593 k€	643 942 k€	↗ 2.3 %
	50 km	650 269 k€	726 643 k€	↗ 11.7%
	100 km	732 971 k€	871 372 k€	↗ 18.9 %

Tableau 24 : Comparaison des valeurs tutélaires Boiteux/Quinet toutes choses égales par ailleurs sur un ASP

Quelle que soit la valeur du temps utilisée, la mise à jour des valeurs tutélaires toutes choses égales par ailleurs a un impact positif sur la valeur du projet considéré.

Classe de distance utilisée pour la valeur du temps VL		Boiteux	Quinet	Variation
coût d'usage		- €	- €	-
carburant		-123 139 000 €	-123 139 000 €	→ 0.0%
temps	20 km	395 155 000 €	312 453 000 €	↘ -20.9%
	50 km	415 831 000 €	395 155 000 €	↘ -5.0%
	100 km	498 533 000 €	539 883 000 €	↗ 8.3%
confort		311 500 000 €	311 500 000 €	→ 0.0%
pollution de l'air		42 014 000 €	9 870 000 €	↘ -76.5 %
sécurité		118 919 000 €	261 776 000 €	↗ 120.1%
bruit		- €	1 667 000 €	↗
CO ₂		-114 857 000 €	-114 857 000 €	→ 0.0%
effet amont-aval		- €	-15 330 000 €	↘
entretien et exploitation		-1 100 000 €	-1 100 000 €	→ 0.0%
grosses réparations		-2 513 000 €	-2 513 000 €	→ 0.0%
coûts de construction		-219 319 000 €	-219 319 000 €	→ 0.0%

Tableau 25 : Comparaison des valeurs tutélaires Boiteux/Quinet toutes choses égales par ailleurs sur un ASP

Pour la pollution de l'air, les valeurs tutélaires du rapport Boiteux 2 présentait beaucoup plus de différentiel interurbain/urbain diffus que Quinet (cf. tableaux de la partie Pollution atmosphérique) donc le changement de valeur de référence peut diminuer la valeur absolue des coûts de pollution de l'air comme ci-dessus bien que les valeurs augmentent avec Quinet au sein de chaque classe de densité.

8.3.2 - Cas 2 : Petite déviation

Déviation	Classe de distance utilisée pour la valeur du temps VL	Boiteux	Quinet	Variation
VAN	20 km	262 443 000 €	356 008 000 €	↗ 35.7%
	50 km	277 205 000 €	415 056 000 €	↗ 49.7%
	100 km	336 252 000 €	518 389 000 €	↗ 54.2 %
Dont coûts		-74 792 000 €	-74 792 000 €	→ 0.0%
Dont avantages	20 km	337 236 000 €	430 801 000 €	↗ 27.7%
	50 km	351 997 000 €	489 848 000 €	↗ 39.2%
	100 km	411 045 000 €	593 181 000 €	↗ 44.3%

Tableau 26 : Comparaison des valeurs tutélaires Boiteux/Quinet toutes choses égales par ailleurs sur une déviation

Comme pour l'aménagement sur place, quelle que soit la valeur du temps utilisée, la mise à jour des valeurs tutélaires toutes choses égales par ailleurs a un impact positif sur la valeur du projet considéré.

Cependant, dans le cas de la déviation cette augmentation de la VAN est due principalement à la valorisation du bruit.

Classe de distance utilisée pour la valeur du temps VL		Boiteux	Quinet	Variation
coût d'usage		-22 703 000 €	-22 703 000 €	→ 0.0%
carburant		-33 154 000 €	-33 154 000 €	→ 0.0%
temps	20 km	303 283 000 €	244 236 000 €	↘-19.5%
	50 km	318 045 000 €	303 283 000 €	↘-4.6%
	100 km	377 093 000 €	406 616 000 €	↗7.8%
confort		65 761 000 €	65 761 000 €	→ 0.0%
pollution de l'air		17 362 000 €	39 438 000 €	↗127.2%
sécurité		26 766 000 €	58 094 000 €	↗117.0%
bruit		- €	102 850 000 €	↗
CO ₂		-20 079 000 €	-20 079 000 €	→ 0.0%
effet amont-aval		- €	-3 641 000 €	↘
entretien et exploitation		-540 000 €	-540 000 €	→ 0.0%
grosses réparations		-1 146 000 €	-1 146 000 €	→ 0.0%
coûts de construction		-73 106 000 €	-73 106 000 €	→ 0.0%

Tableau 27 : Comparaison des valeurs tutélaires Boiteux/Quinet toutes choses égales par ailleurs sur une petite déviation

Les effets relativement les plus importants des variations des valeurs tutélaires concernent la pollution de l'air et la sécurité. Toutefois, ces résultats sont à nuancer par rapport à la variation de la valeur du temps, qui a un impact relatif sur les avantages en temps assez faible (-20% à +10%) mais dont l'impact sur la VAN du projet est plus important. Concernant les courtes distances, la baisse des avantages de temps de 20 % pour les déplacements de 20km et ici compensée par les avantages de bruit.

De plus, la prise en compte du bruit, dont la valorisation est nettement simplifiée grâce aux valeurs en €/veh.km, augmente la VAN « Quinet » de 30% : l'impact de la valorisation du bruit n'est pas négligeable et les nuisances sonores deviennent un critère réellement discriminant.

8.4 - Impact cumulé des mises à jour des valeurs non réglementaires et des valeurs tutélaires : comparaison Quinet / Instruction cadre non mise à jour

Les comparaisons se font en €₂₀₁₀.

Cette partie compare l'IC de 2007 en €₂₀₁₀ pour l'année 2010 sans mise à jour à l'application du rapport Quinet avec mise à jour les valeurs non réglementaires du calcul socio-économique.

Cependant les résultats ci-dessous sont difficiles à analyser et ne peuvent donc pas être généralisés du fait des effets cumulés du système d'actualisation, des changements de valeurs tutélaires et des mises à jour des valeurs non réglementaires. On peut cependant constater que la baisse des avantages est due principalement à l'augmentation du taux d'actualisation qui est passé de 4% décroissant à 4.5%.

8.4.1 - Cas 1 : Aménagement sur place en zone rurale

ASP (VDT VL pour 50 km)	IC 2007, taux d'actualisation décroissant	Quinet actualisation à 4,5%	Variation
VAN	559 185 000 €	363 599 000 €	↘ -35% %
Dont coûts	-222 735 000 €	-214 272 000 €	↗ 3,8 %
Dont avantages	781 920 000 €	627 859 000 €	↘ -19.7 %
Dont valeur résiduelle	- €	-49 988 000 €	↘

Tableau 28 : Comparaison de l'application de l'instruction cadre de 2007 et de l'application des valeurs Quinet avec mise à jour des valeurs non réglementaires sur un ASP

8.4.2 - Cas 2 : Petite déviation

DEV (VDT pour 50 km)	IC 2007	Quinet actualisation à 4,5%	Variation
VAN	280 770 000 €	388 408 000 €	↗ 38.3%
Dont coûts	-74 494 000 €	-71 848 000 €	↘ -3,6%
Dont avantages	355 264 000 €	426 746 000 €	↗ 20.1%
Dont valeur résiduelle	- €	33 510 000 €	↗

Tableau 29 : Comparaison de l'application de l'instruction cadre de 2007 et de l'application des valeurs Quinet avec mise à jour des valeurs non réglementaires sur une petite déviation

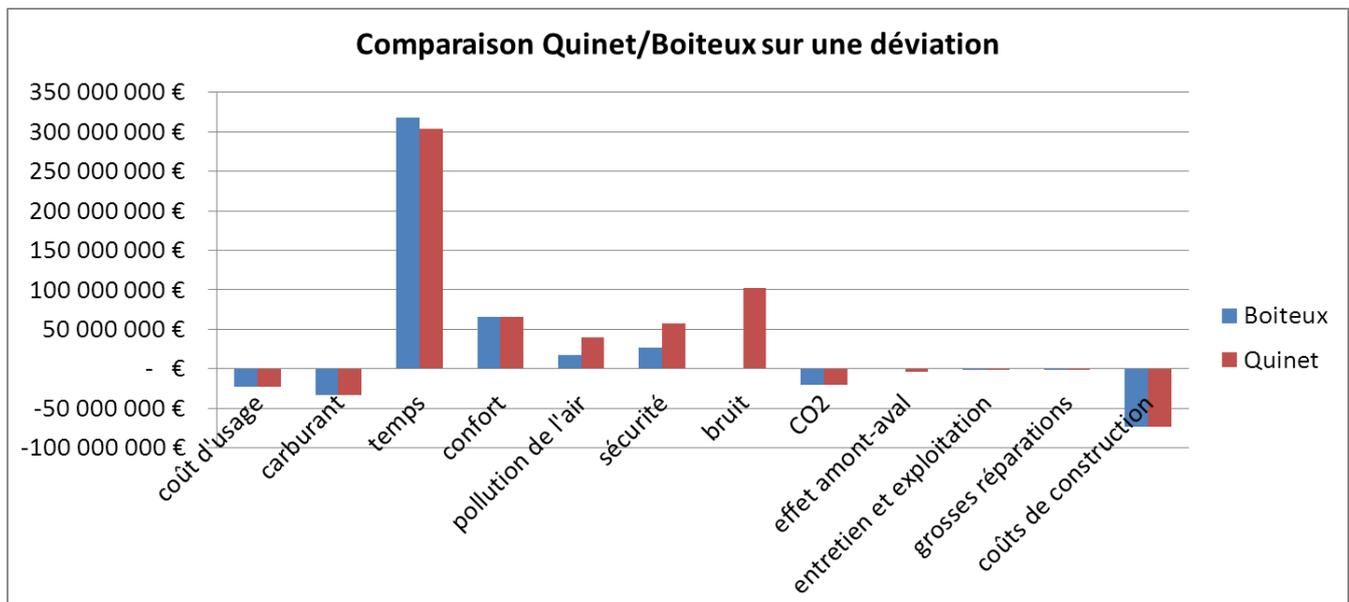
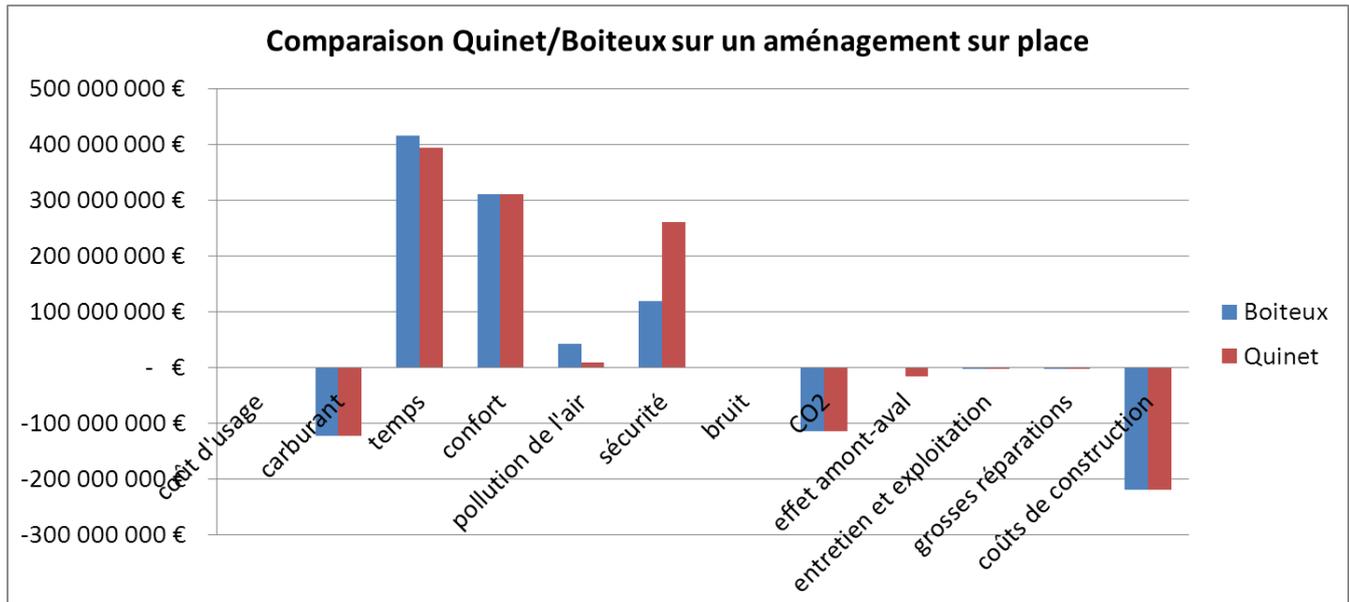
8.5 - Analyse des effets selon le type d'avantage

8.5.1 - Externalités environnementales : un impact variable et un poids qui peut devenir discriminant

Les coûts externes sont tous plus importants dans le rapport Quinet qu'ils ne l'étaient dans le rapport Boiteux 2.

Cette augmentation des coûts est accompagnée d'une augmentation des différences relatives des valeurs selon la densité de la zone considérée pour la pollution de l'air et le bruit : globalement, les externalités environnementales ont donc un poids plus important dans la VAN des projets et un pouvoir discriminant plus fort, comme le montrent les deux graphiques ci-dessous.

On observe notamment pour le projet de déviation que le bruit devient un avantage important, dont le poids dans la VAN est plus fort que les effets sur la sécurité, qui sont classiquement le 2^{ème} avantage en terme de poids dans la VAN après le surplus des usagers.



8.5.2 - Les effets contradictoires et variables des mises à jours des valeurs du temps et des taux d'occupation des véhicules

Comme précisé en partie 3.1, La valeur du temps des VL en €/heure et par véhicule est le produit de la valeur du temps par passager et du taux d'occupation des véhicules.

Concrètement, pour les valeurs du temps correspondant à des déplacements de 20 km, 50 km et 100 km, on obtient les valeurs du temps par véhicule suivantes dans l'IC de 2007 et en mettant à jour la valeur du temps par passager et le taux d'occupation des véhicules :

Distance des déplacements		IC	Quinet mis à jour	Variation de la VdT/veh
20 km	taux d'occupation	1.1	1.5	↗ 30.6%
	VDT/passager	11.1	7.9	↘ - 28.7%
	VDT/véhicule	12.3	11.5	↘ - 6.9%
50 km	taux d'occupation	1.5	1.5	→ 0.0%
	VDT/passager	11.1	10.6	↘ - 4.4%
	VDT/véhicule	16.6	15.9	↘ - 4.4%
100 km	taux d'occupation	1.9	1.7	↘ - 9.5%
	VDT/passager	12.1	13.4	↗ 11.0%
	VDT/véhicule	22.9	23.0	↗ 0.5%

Tableau 30 : Mises à jour des valeurs du temps par véhicule

Analyse pour une valeur du temps correspondant à un déplacement de 100 km :

Pour une valeur du temps correspondant à un déplacement de 100 km, le taux d'occupation diminue de 9.5 % tandis que la valeur du temps par passager augmente de 11 %.

L'effet du changement de la valeur du temps est compensé par la mise à jour des taux d'occupation des véhicules donc au final, l'impact de la mise à jour des valeurs du temps par véhicule est relativement faible sur la rentabilité des projets de transports.

Effet sur les avantages en temps du projet d'ASP	Variation de Quinet mis à jour par rapport au cas testé
Effet mise à jour des taux d'occupation des véhicules	↘ -7.1%
Effet mise à jour des valeurs tutélaires (cas de base)	↗ 8.3%
Effet cumulé de la mise à jour des taux d'occupation des véhicules et des valeurs tutélaires	→ 0.0%

Tableau 31 : Effets de la mise à jour des taux d'occupation des véhicules et des valeurs tutélaires sur les avantages de temps du projet d'ASP (pour une VDT VL correspondant à un déplacement de 100 km)

8.5.3 - Les effets des mises à jours de la valeur de la vie statistique et des taux d'accidentologie par type de route

Deux effets sont à prendre en compte dans la mise à jour des taux d'insécurité par type de voie : d'une part le changement de périmètre du RRN modifie les taux d'insécurité par type de voie, et d'autre part l'accidentologie a évolué depuis 2004 (les taux d'insécurité de l'IC de 2007 sont basés sur des moyennes de taux d'accidentologie de 2002 à 2004).

Les changements sont de nature différente selon le type de voie : on peut avoir par exemple une augmentation du nombre d'accidents mais une baisse de leur gravité. Le cumul de ces effets complique l'analyse des effets de la mise à jour des taux d'insécurité par type de voie sur la rentabilité des projets car l'effet dépend fortement du projet considéré.

Variation de Quinet mis à jour par rapport au cas testé	Effets sur les avantages de sécurité	
	Projet d'ASP	Projet de déviation
Effet mise à jour des taux d'accidentologie	↗ 18.2%	↗ 8.2%
Effet mise à jour des valeurs tutélaires (cas de base)	↗ 120.1%	↗ 117.0%
Effet cumulé de la mise à jour des taux d'accidentologie et des valeurs tutélaires	↗ 160.2%	↗ 135.1%

Tableau 32 : Effets de la mise à jour des taux d'accidentologie et des valeurs tutélaires sur les avantages d'insécurité

Bien que les évolutions de l'accidentologie soient variables selon le type de voie, globalement, l'augmentation très forte de la valeur de la vie humaine implique un poids plus important des avantages de sécurité dans la valeur des projets.

8.5.4 - Effet de la mise à jour des coûts liés aux infrastructures avec les indices TP

La mise à jour des coûts (entretien, exploitation, grosses réparations) avec les indices TP a induit une augmentation des coûts de 20% hors inflation depuis 2000.

Cependant la part de ces coûts annuels est relativement faible dans la VAN des projets testés ici, donc l'impact la mise à jour de ces coûts est négligeable ici.

Déviations (coût de construction = 100 M€)	Quinet sans mise à jour des coûts d'infrastructure	Quinet avec mise à jour des coûts d'infrastructure	Variation
VAN	415 354 000 €	415 056 000 €	↘ -0.1%
Dont coûts	-74 494 000 €	-74 792 000 €	↘ -0.4%
dont grosses réparations	-933 000 €	-1 146 000 €	↘ -22.8%
dont entretien exploitation	-454 000 €	-540 000 €	↘ -18.9%
ASP (coût de construction = 300 M€)	Quinet sans mise à jour des coûts d'infrastructures	Quinet avec mise à jour des coûts d'infrastructures	Variation
VAN	504 352 000 €	503 711 000 €	↘ -0.1%
Dont coûts	-222 291 000 €	-222 932 000 €	↘ -0.4%
dont grosses réparations	-2 046 000 €	-2 513 000 €	↘ -22.8%
dont entretien exploitation	-925 000 €	-1 100 000 €	↘ -18.9%

8.6 - Analyse des changements de règles de calcul

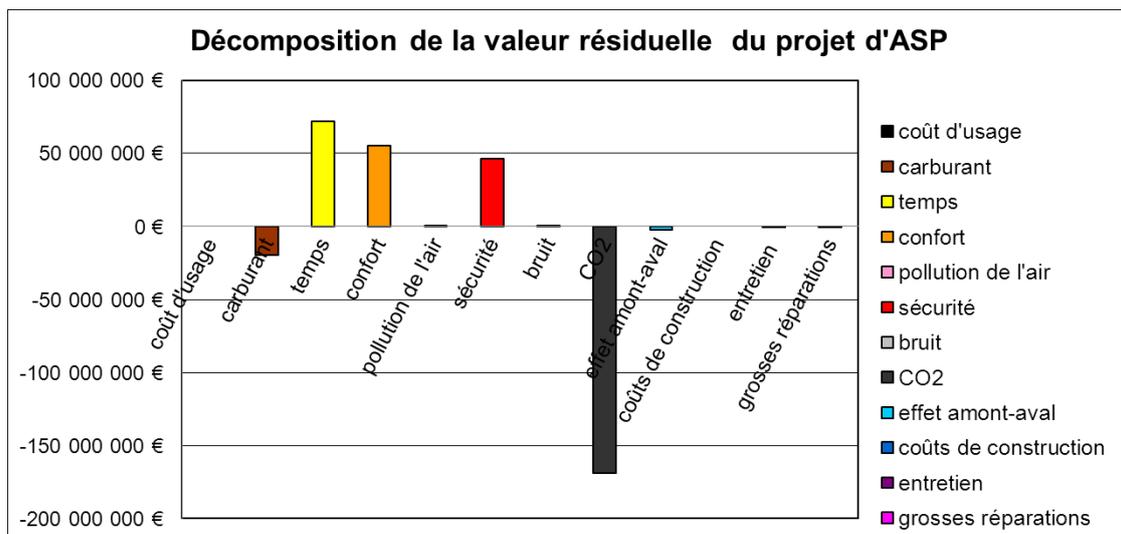
8.6.1 - Durée d'évaluation et valeur résiduelle : des effets très variables selon le type de projet évalué

Les valeurs des projets testés avec les valeurs Quinet sont comparées ci-dessous avec et sans la prise en compte de la valeur résiduelle. Il est à noter que ne pas prendre en compte la valeur résiduelle entraînerait des effets de bord dans la comparaison de projets ou de dates de mise en service.

En effet, le fait de rallonger la durée d'évaluation en calculant les avantages jusqu'en 2140 au lieu de les calculer sur une durée de 50 ans permet de négliger l'effet de la durée d'évaluation sur la rentabilité du projet si la somme des avantages de 2140 à l'infini est très petite devant la somme des avantages jusqu'en 2140. Par contre, on ne peut pas comparer deux projets avec des dates de mise en service différentes à l'horizon 2070 sans prendre en compte leur valeur résiduelle car dans le cas l'effet de la durée d'évaluation, de l'ordre de 50 ans n'est pas toujours négligeable.

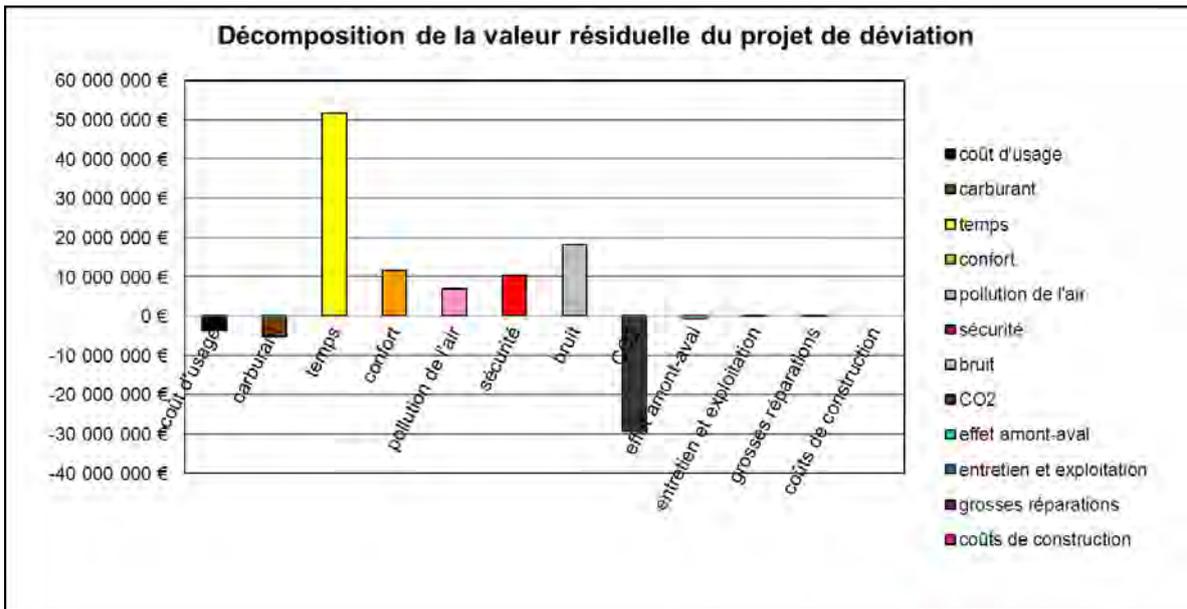
Effet de la prise en compte d'une valeur résiduelle sur le projet d'aménagement sur place

ASP	Quinet sans VR	Quinet avec VR	Variation
VAN	503 711 000 €	487 966 000 €	↘ 3.1 %
dont VR	0 €	-15 745 000 €	↘



Effet de la prise en compte d'une valeur résiduelle sur le projet de déviation

Déviation	Quinet sans VR	Quinet avec VR	Variation
VAN	415 056 000 €	474 700 000 €	↗ 14.4%
dont VR	0 €	59 644 000 €	↗



Dans les 2 projets testés, on observe des valeurs résiduelles de signe différent : positive pour le projet de déviation et négative pour le projet d'aménagement sur place. Par contre, dans les 2 cas, on constate que le CO₂ a un poids important dans la valeur résiduelle des projets. Ceci est dû à l'utilisation de la règle d'Hotelling qui implique que les avantages annuels de CO₂ actualisés sont constants à partir de 2070 tandis que les autres avantages et coûts non actualisés sont constants, donc deviennent très faibles une fois actualisés.

Dans le projet de déviation, malgré le poids important du CO₂ dans la valeur résiduelle, les avantages de temps restent supérieurs aux coûts de CO₂, d'où la valeur résiduelle positive, alors que dans le projet d'ASP, les coûts de CO₂ l'emportent sur les autres avantages, comme le montrent les graphiques ci-dessus.

8.6.2 - Prise en compte du risque

Trois méthodes sont proposées pour prendre en compte le risque sur le PIB.

La première méthode, dite « Von Neumann Morgenstern à la source » (détaillée dans la partie 9), consiste à calculer la rentabilité du projet sous différents scénarios de PIB pour en déduire la VAN avec prise en compte du risque. La deuxième méthode, dite du dénominateur, consiste à corriger le taux d'actualisation d'une prime de risque multipliée d'un bêta variable selon le type de flux. Enfin, en période transitoire, il est suggéré d'appliquer un taux d'actualisation unique de 4.5%.

Ces trois méthodes sont appliquées ci-dessous sur le projet d'aménagement sur place.

3 scénarios sont utilisés, dont le scénario "central" de croissance de 1,5% par an du PIB. Les deux autres scénarios sont respectivement :

- le scénario "de crise" : baisse du PIB de 2% par an pendant 10 ans à partir de 2020, puis augmentation de 0.5% par an ;
- le scénario "de reprise" : hausse du PIB de 2.5% par an à partir de 2020.

De 2013 à 2020, on considère que le PIB suit un scénario de croissance unique à 1.5% par an.

Dans ces trois scénarios, la croissance est de 0% à partir de 2070.

Attention, le scénario moyen, présentant un taux de croissance du PIB de 1.5% par an jusqu'en 2070, ne correspond pas au scénario moyen de l'IC de 2007. En effet, il n'y a pas de croissance ralentie à partir de 2025 contrairement aux scénarios de l'IC.

La probabilité des scénarios est la suivante :

Scénario	Probabilité
Crise	20%
Central	50%
Reprise	30%

Cette combinaison assure une espérance de croissance à long terme de 1,5% par an.

Les changements de TCAM se font en 2030 et 2070

Scénarios macro-économiques

TCAM	Scénario « de crise »			Scénario moyen			Scénario de « reprise »		
	2020-2030	2030-2070	>2070	2020-2030	2030-2070	>2070	2020-2030	2030-2070	>2070
population	0.42%	0.29%	0%	0.42%	0.29%	0%	0.42%	0.29%	0%
PIB	-2.00%	0.50%	0%	1.50%	1.50%	0%	2.50%	2.50%	0%

Tableau 33 : scénarios macro-économiques

On utilise une élasticité des trafics au PIB de 0.7, conformément aux valeurs proposées dans le rapport Quinet. Il est à noter que ces élasticités sont utilisées en dehors de leur aire de validité étant donnés les scénarios utilisés. Les trafics des projets ne sont pas déterminés par affectation de trafic mais donnés à dire d'expert. Les avantages sont corrélés au PIB avec les élasticités du rapport Boiteux ou du rapport Quinet selon le cas utilisé.

Méthode des bêtas (ou du dénominateur)

Pour les calculs de la VAN avec prise en compte du risque par la méthode du dénominateur (ou des bêtas), les valeurs suivantes sont prises :

- taux de préférence pure pour le présent δ : 1% ;
- prime de risque ϕ : 2% ;
- bêta des avantages et coûts d'entretien : 1.7 ;
- bêta du coût d'investissement (coûts de construction et de grosses réparations) : 0.5 ;
- bêta du CO₂ : 1.

Chaque taux d'actualisation α est calculé selon la formule : $\alpha = \delta + \beta \varphi$

Résultats sur le projet d'aménagement sur place avec une élasticité trafic/PIB de 0.7

- VAN au numérateur :

Taux de préférence pure pour le présent	1%
VAN avec prise en compte du risque	697 133 000 €
taux d'actualisation « équivalent »	4.28 %

- VAN en scénario à 1.5% et taux d'actualisation de 4.5% : **621 605 000 €**
- VAN avec calcul au dénominateur : scénario à 1.5 %, taux d'actualisation unique à $2.5\% + 2\% * 1.7 = 5.9\%$: **348 091 000 €**
- VAN avec calcul au dénominateur : scénario à 1.5 %, taux d'actualisation multiple : **282 836 000 €**

	Actualisation avec bêtas	Actualisation à 5.9 %	Actualisation à 4.5%
VAN	282 836 000 €	348 091 000 €	621 605 000 €
Coûts	-231 475 000 €	-192 136 000 €	-214 272 000 €
avantages	514 311 000 €	540 227 000 €	835 877 000 €
dont CO2	-119 714 000 €	-93 798 000 €	-119 714 000 €

Dans le cas de ce projet d'aménagement sur place, le taux d'actualisation « équivalent » déduit de la méthode du numérateur est de 4,28%, donc inférieur à 4,5%. Le projet est donc peu sensible aux aléas sur le PIB, ce que montre la méthode du numérateur. Par contre, si l'on utilise la méthode des bêtas, on sous-estime largement la rentabilité du projet en appliquant des taux d'actualisation trop forts aux avantages par rapport à leur réelle élasticité au PIB.

L'utilisation des bêtas différenciés entraîne une baisse de la rentabilité du projet, à la fois car les taux d'actualisation sont forts et parce que l'utilisation d'un taux d'actualisation moins fort pour les coûts d'investissements que pour les autres avantages vient augmenter artificiellement le poids des coûts dans la VAN du projet.

Résultats sur le projet de déviation avec une élasticité trafic/PIB de 0.7

La répartition de la VAN en fonction du scénario n'est pas la même que pour le projet d'ASP : l'élasticité de la VAN au PIB n'est pas la même pour le projet de petite déviation que pour le projet d'aménagement sur place.

ASP	Actualisation avec taux multiples	Actualisation à 5.9 %	Actualisation à 4.5%	Numérateur avec $\delta = 1\%$
Elasticité PIB/trafic de 0.7	282 835 968 €	348 091 000 €	621 605 000 €	697 133 000 €

9 - Illustration de la prise en compte du risque sur des projets réels

Dans cette dernière partie, la prise en compte du risque est illustrée sur des projets routiers réels.

Cette partie a pour objet de présenter l'intérêt (discriminant entre projets) et la faisabilité (sous réserve de scénarios macroéconomiques) de l'approche au numérateur.

Les risques systémiques sont les risques macro-économiques affectant la richesse collective (PIB, pétrole, population par exemple). Ce sont des risques non diversifiables : ils affectent directement la collectivité et elle est donc prête à payer pour réduire ces risques. La méthode de prise en compte du risque présentée ici part donc du principe que pour la collectivité, si deux projets rapportent la même VAN en moyenne, mais que l'un est plus « risqué » que l'autre (s'il est plus sensible aux variations de PIB), alors l'autre est préférable.

Techniquement, on cherche un bénéfice net actualisé « équivalent sans risque » pour les deux projets ; celui du second projet (moins risqué) sera supérieur, indiquant qu'il est préférable. Le bénéfice net actualisé « équivalent certain » est le bénéfice net actualisé d'un projet absolument pas risqué (sa VAN ne dépend pas du PIB) qui serait équivalent au projet risqué du point de vue de la collectivité.

Les tests menés sur des projets routiers dans cette partie montrent que les projets routiers, même de « type » identique, peuvent présenter des sensibilités au contexte macro-économique très variées. La prise en compte du risque par la méthode du numérateur permet de prendre en compte directement cette plus ou moins grande sensibilité de la valeur du projet au PIB à partir de l'utilisation de scénarios. Les tests menés sur quatre projets routiers confirment le pouvoir discriminant de cette méthode entre projets routiers, et entre variantes de projets.

De plus, cette méthode, qui permet de prendre en compte le risque PIB du projet explicitement, ne pose pas de difficulté de mise en œuvre pratique puisqu'il suffit de faire tourner le modèle de trafic sous différents scénarios macro-économiques.

La principale difficulté de mise en œuvre réside dans le choix de scénarios macro-économiques et des probabilités qui leurs sont associées, choix qui est implicite dans la méthode des bêtas.

Cette méthode est détaillée dans les rapports Sétra sur la prise en compte du risque dans le calcul économique de 2012 [20] et 2014 [26].

9.1 - Rappel de la méthode du numérateur : une prise en compte explicite de la sensibilité du projet au PIB

La prise en compte du risque est effectuée par la méthode dite " au numérateur " rappelée ci-dessous.

On résout alors $U(C_0 + VAN_{\text{équivalent certain}}) - U(C_0) = \text{valeur actualisée de } E[U(C_t + X_t) - U(C_t)]$ au taux d'actualisation de la préférence pure pour le présent (1%) :

$$\underbrace{E(U(C_0 + VAN_{\text{équivalent}}) - U(C_0))}_{\text{Variation d'utilité de la collectivité dans un cadre certain (à la date d'évaluation) entre les situations :}} = \underbrace{\sum_{t=1}^{\infty} [e^{-\delta t} E(U(C_t + X_t) - U(C_t))]}_{\text{Somme actualisée de l'espérance des variations d'utilité annuelle de la collectivité (qui sont aléatoires) sur la durée d'évaluation entre les situations :}}$$

Variation d'utilité de la collectivité dans un cadre certain (à la date d'évaluation) entre les situations :

- avec le projet : la valeur certaine actualisée du projet VAN équivalente s'ajoute à la richesse actuelle C_0 , et
- sans projet donc avec uniquement la richesse actuelle C_0

Somme actualisée de l'espérance des variations d'utilité annuelle de la collectivité (qui sont aléatoires) sur la durée d'évaluation entre les situations :

- avec le projet : les gains aléatoires X_t du projet à l'année t s'ajoutent à la richesse aléatoire C_t , et
- sans projet donc avec uniquement la richesse aléatoire C_t à l'année t

La fonction d'utilité est de type : $U(C) = C^{1-\gamma} / (1-\gamma)$ avec $\gamma = 2$

Concrètement, la valeur actualisée nette « équivalent sans risque » ($VAN_{\text{équivalent}}$) est donc définie par la formule suivante :

$$VAN_{\text{équivalente}} = \frac{C_0 \times \sum_{t=t_0-n}^N \left[\sum_{sc=1}^S p_{sc} \frac{(C_{sc,t})^{-1} - (C_{sc,t} + E(X_{sc,t}))^{-1}}{(1+\delta)^{t-T}} \right]}{\frac{1}{C_0} - \sum_{t=t_0-n}^N \left[\sum_{sc=1}^S p_{sc} \frac{(C_{sc,t})^{-1} - (C_{sc,t} + E(X_{sc,t}))^{-1}}{(1+\delta)^{t-T}} \right]}$$

Avec

p_{sc} la probabilité du scénario macro-économique sc ;

$C_{sc,t}$ le PIB du scénario sc à l'année t ;

$\Delta I_{sc,t}$ le coût d'investissement à l'année t exprimé HT dans le scénario sc ;

$\Delta A_{sc,t}$ les avantages de l'année t dans le scénario sc ;

$\Delta E_{sc,t}$ les coûts récurrents d'entretien et d'exploitation de l'année t , dans le scénario sc ;

δ le taux de préférence pure pour le présent (1%) ;

N l'horizon de fin de vie du projet (par convention 2140) ;

t_0 l'année de mise en service ;

T l'année d'actualisation ;

n la durée des travaux ;

S le nombre de scénarios ;

γ l'aversion pour le risque de la collectivité (2 dans les tests suivants).

9.2 - Scénarios de PIB

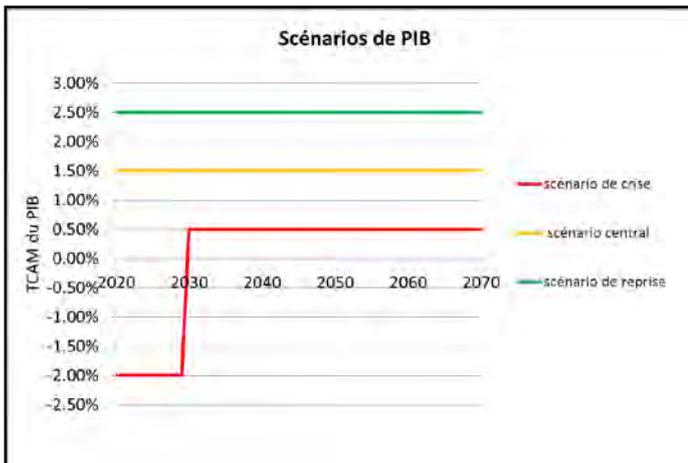
Les scénarios de PIB utilisés correspondent à des scénarios utilisés dans les tests effectués par le Sétra pour le CGSP dans le cadre du rapport Quinet de 2013.

Dans la commande passée au Sétra, ces scénarios de PIB et leur probabilité avaient été calibrés tels que :

- pour un "projet type" de transports, la prise en compte du risque (au numérateur) par la méthode "Von Neumann Morgenstern à la source", conduirait, par une approche au dénominateur, en moyenne, à une prime de risque de l'ordre de 1% ;
- l'espérance de croissance à long terme soit de 1,5% par an.

Ces 3 scénarios sont :

- un scénario "central" de croissance de 1,5% par an du PIB ;
- un scénario "de crise" de baisse du PIB de 2% par an pendant 10 ans, puis hausse du PIB de 0,5% par an ;
- un scénario "de reprise" de hausse du PIB de 2,5% par an.



La probabilité des scénarios est la suivante :

Scénario	Probabilité
Crise	20%
Central	50%
Reprise	30%

Cette combinaison assure une espérance de croissance à 50 ans de 1,5% par an avec un écart type de 0,86%⁹.

9.3 - Hypothèses de calcul communes aux projets testés

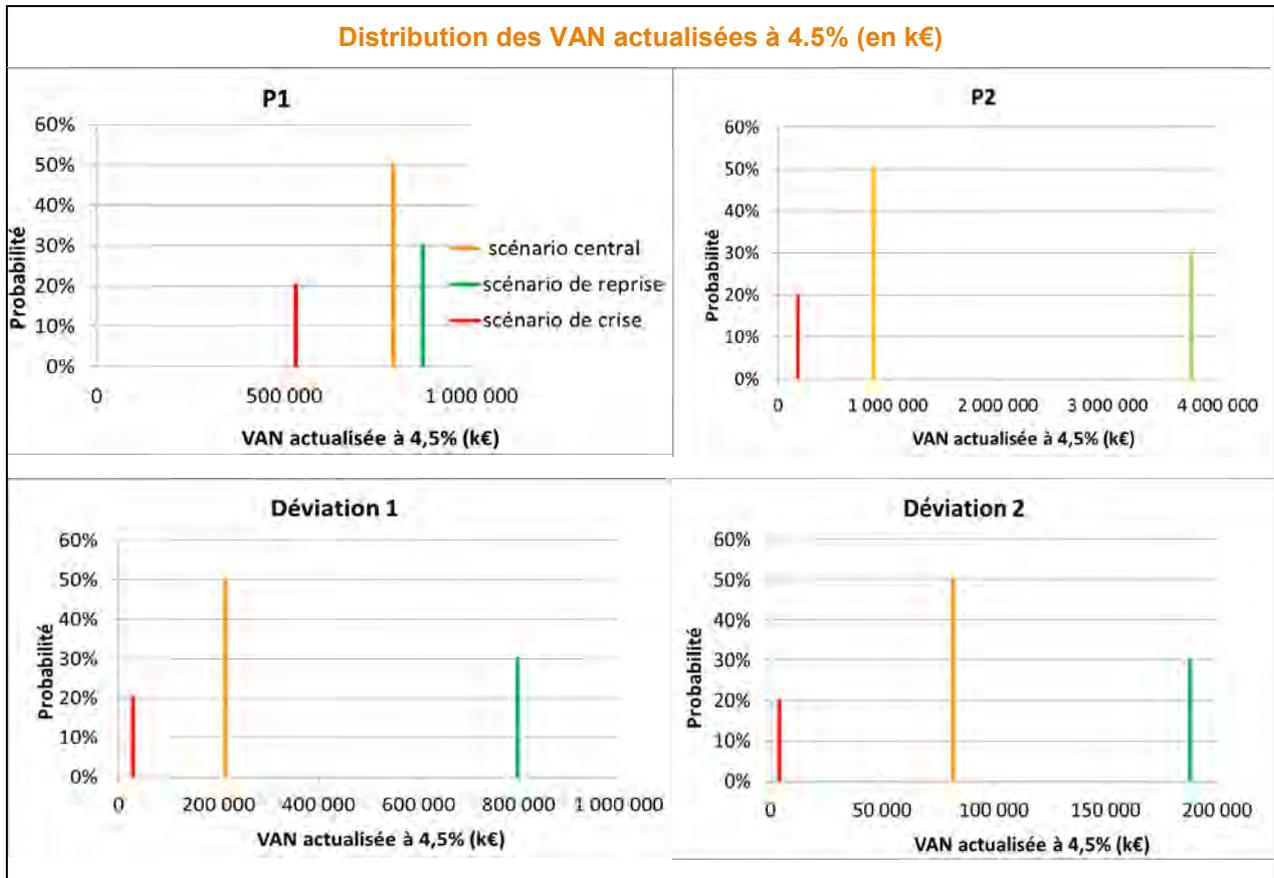
L'année de mise en service des quatre projets testés est 2020 (date à partir de laquelle commencent les scénarios de croissance présentés dans la partie précédente). Jusqu'en 2020, on suppose une croissance du PIB de 1.5% par an.

⁹ Cet écart type a été calculé après calcul de taux de croissance moyens sur 50 ans, il ne s'agit pas d'un écart type tous scénarios et toutes années confondus.

Les taux de croissance de la demande sont, pour le scénario central, ceux de l'instruction cadre de 2007 et, pour les autres scénarios, ils sont calculés avec une élasticité de 1 par rapport au PIB¹⁰. Les règles de calcul appliquées sont celles de l'instruction cadre de 2007. L'application directe de l'IC dans les tests ci-dessous suppose que les coûts d'investissement ne sont pas élastiques au PIB mais sont constants en euros constants. Le COFP n'a pas été pris en compte dans les calculs.

9.4 - Prise en compte du risque sur différents types de projets et sur les variantes d'un même projet

Les tests sont menés sur deux projets de déviation d'agglomération, la déviation 1 et la déviation 2, ainsi que sur deux projets d'autoroute, le projet P1 et le projet P2. Les résultats sont présentés dans les tableaux et histogrammes ci-dessous.



	P1	P2	Déviation 1	Déviation 2
VAN équivalent certain	871 M€	1 170 M€	292 M€	93 M€
E(VAN) actualisée à 4,5%	692 M€	1 596 M€	338 M€	98 M€
Ecart entre E(VAN) actualisée à 4,5% et VAN équivalent certain	-25%	26%	13%	5%
Taux d'actualisation équivalent	3.8%	5.24 %	4.87 %	4.14 %

¹⁰ Au vu des travaux du Sétra, cette élasticité est surestimée, une élasticité de l'ordre de 0,7 aurait été préférable.

Les résultats confirment la spécificité des projets par rapport au risque. Le projet P2 est le projet le plus sensible au PIB parmi les 4 projets testés. Ceci confirme l'intuition que cette infrastructure, présentant un fort trafic PL, est sensible aux aléas macro-économiques. Par contre, le projet P1 présente une faible sensibilité au PIB, car la part de PL sur cet itinéraire n'est pas très élevée (de l'ordre de 10 à 15%). (NB : l'alternative du projet P1 testée ici est une alternative concédée).

Par ailleurs, les deux projets de déviation testés, bien qu'étant des projets pouvant être qualifiés de projets de même type, présentent des sensibilités au PIB différentes. La spécificité de la sensibilité au PIB des projets au-delà de leur type est confirmée ci-dessous par les tests sur 3 variantes de la déviation 2.

	Déviation 2 Est	Déviation 2 Centre	Déviation 2 Ouest
VAN équivalent certain	197 M €	137 M €	93 M€
E(VAN) actualisée à 4,5%	172 M €	153 M€	98 M€
Ecart entre E(VAN) actualisée à 4,5% et VAN équivalent certain	-14 %	11 %	5%

Pour les 3 variantes de la déviation 2, on observe que la prise en compte du risque ne change pas la hiérarchisation des variantes de projets mais permet de bien mieux discriminer les projets de contournement Est et Centre. Tandis qu'avec ou sans prise en compte du risque, le projet de contournement Ouest est moins intéressant socio-économiquement que les deux autres variantes, la différence de 12 % entre les VAN sans prise en compte du risque des projets de contournement Est et Centre passe à 44% quand on prend en compte le risque, ce qui rend le contournement Est plus nettement intéressant par rapport au contournement Centre.

10 - Conclusion

Aucune tendance claire ne peut se dégager sur l'évolution de la VAN d'un projet suite aux mises à jour des valeurs tutélaires, du système d'actualisation et de l'horizon d'évaluation et des valeurs de référence. On peut simplement affirmer que les chiffres n'ont aucune raison d'être proches. Ceci est notamment dû au fait que les mises à jour ne sont pas une simple homothétie des valeurs Boiteux 2. En effet, de nouvelles classes de densité sont introduites, des effets comme le bruit deviennent plus simples à calculer grâce à l'introduction de valeurs en €/veh.km, ou encore, la mise à jour des taux d'insécurité dépend du type de route.

Ainsi, au-delà de la valeur en elle-même des projets, il est clair que la mise à jour des règles de calcul et des valeurs tutélaires permet une meilleure discrimination des projets :

- selon leurs effets sur les nuisances sonores et la pollution de l'air (avec une augmentation des classes de densité et une augmentation des valeurs des aménités) ;
- selon leurs avantages en CO₂ qui deviennent une part non négligeable de la VAN par l'utilisation de la règle de Hotelling combinée à l'allongement de la durée d'évaluation ;
- selon leur risque macro-économique grâce à l'utilisation de la méthode du numérateur, comme montré dans les simulations sur des projets routiers dans la dernière partie du rapport.

En plus de ces modifications qui vont changer les pratiques d'évaluation dans le court terme, la mise en perspective des outils actuellement utilisés au sein de RST par rapport aux recommandations du rapport Quinet en matière de calcul de surplus montre que les outils, données et indicateurs ne sont pas prêts à court terme en interurbain pour mener ce type de calcul.

L'affectation prix-temps intégrée dans les modules Sétra de TransCAD® pose notamment problème actuellement pour réaliser un calcul de surplus directement en sortie de modèle car la valeur du temps calée dans le modèle est très éloignée, en médiane, des valeurs du temps de référence du rapport Quinet. A défaut, le surplus des usagers est calculé de manière normalisée, à l'aide de valeurs de référence.

Bibliographie

- [1] Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, mise à jour du 27 mai 2005, Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer.
- [2] Projet d'instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbains, version du 23 mai 2007, Ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer.
- [3] Transport : pour un meilleur choix des investissements » Rapport dit " Rapport Boiteux 1", CGP (Boiteux (M)), 1994.
- [4] Transports : choix des investissements et coût des nuisances. Rapport dit " Rapport Boiteux 2", CGP (Boiteux (M)), 2001.
- [5] Commissariat Général à la stratégie et à la Prospective, L'évaluation socio-économique des investissements publics, Rapport de la mission présidée par Emile Quinet, septembre 2013.
- [6] Centre d'analyse stratégique, Le calcul du risque dans les investissements publics, Rapport du groupe de travail présidé par Christian Gollier, 2011.
- [7] Commissariat général du Plan, Le prix du temps et la décision publique, Rapport du groupe de travail présidé par Lebègue, 2005.
- [8] Centre d'analyse stratégique, La valeur tutélaire du carbone, Rapport du groupe de travail présidé par A. Quinet, 2009.
- [9] Centre d'analyse stratégique, Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes, Rapport du groupe de travail présidé par Chevassus-au-Louis, 2009.
- [10] Projet d'instruction relative aux méthodes d'évaluation économique des investissements routiers interurbain, MEDDE, mai 2007.
- [11] CGDD, Un essai de mesure de l'impact de la logistique sur le transport routier de marchandises, 2012.
- [12] Handbook on estimation of external costs in the transport sector – IMPACT. Delft, décembre 2007, 332 p.
- [13] External costs of transport: update study for 2008. CE Delft, INFRAS, Fraunhofer, 2011, 163 p.
- [14] DAEI-SESP, La demande de transport en 2025 - Projections des tendances et des inflexions - note de mise à jour mai 2007.
- [15] Démarche prospective transports 2050. Éléments de réflexion. CGPC - Avril 2006
- [16] Projections de population 2007-2060 pour la France métropolitaine - méthode et principaux résultats, INSEE, octobre 2010
- [17] Les comptes des transports en 2012, 50e rapport à la Commission des comptes des transports de la Nation, CGDD, juillet 2013.
- [18] Calcul socio-économique, valise pédagogique, Sétra, 2012.
- [19] Les outils d'évaluation des projets routiers – d'Ariane à TransCAD®. Rapport d'étude, Sétra, 2010.
- [20] Prise en compte du risque dans le calcul économique, Rapport d'études, Sétra, 2012.
- [21] Fiabilité des temps de parcours, Éléments de valorisation économique, Rapport d'études, Sétra, 2012.

- [22] Monétarisation des externalités environnementales, Rapport d'études, Sétra, 2010.
- [23] L'induction de trafic, Revue bibliographique, Rapport d'études, Sétra, 2012.
- [24] Modèles de trafic routier, Influence des composantes du niveau de service (temps, péage, confort, ...) sur le choix d'itinéraire, Rapport d'études, Sétra, 2012.
- [25] Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière, 2011, La sécurité routière en France, Bilan de l'année 2010. La Documentation Française.
- [26] Prise en compte du risque dans le calcul socio- économique, Sétra, 2014.

Glossaire

CCTN : Commission des Comptes Transport de la Nation

CAS : Centre d'Analyse Stratégique

CFM : Consommation Finale des Ménages

CGSP : Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective

CGP : Commissariat Général au Plan

COFP : Coût d'Opportunité des Fonds Publics

ICAS : Investissements Complémentaires sur Autoroutes en Service

GISDK : Geographic Information System Developer's Kit

HT : Hors Taxes

ENTD : Enquête Nationale Transports et Déplacements

IC : Instruction Cadre

MEDDE : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

OD : Origine-Destination

PIB : Produit Intérieur Brut

PL : Poids Lourds

PFRFP : Prix Fictif de Rareté des Fonds Publics

RRN : Réseau Routier National.

SESP : Service économie, statistiques et prospective

TICPE : Taxe Intérieure sur la Consommation de Produits Energétiques,

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

TRM : Transport Routier de Marchandises

TTC : Toutes Taxes Comprises

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

VAN : Valeur Actualisée Nette

VDT : Valeur Du Temps

VL : Véhicule Léger

Annexe 1 - Déflateurs utilisés

	IPC (inflation)
2012	126
2011	124
2010	121
2009	119
2008	119
2007	116
2006	114
2005	112
2004	110
2003	108
2002	106
2001	104
2000	102
1999	101
1998	100

	Conversion "directe" comprenant le changement de franc à euro
1960->2012	1.52
1969->2012	1.08
1980->2012	0.41
1985->2012	0.26
1994->2012	0.2
2000->2012	1.23

Annexe 2 : Données utilisées pour les calculs des coûts d'insécurité par type de voie

10.1.1 - IC de 2007 :

	Nombre d'accidents pour 108 veh x km	Tués pour 100 accidents	Blessés graves pour 100 accidents	Blessés légers pour 100 accidents	Coût d'insécurité en centimes d'euros 2000 par veh x km
7 m (1)	9,4	17,2	47,3	107,7	2,54
7 m	7,8	21,5	46,1	112,8	2,44
3 voies 9 m (1)	7,8	24,8	35,6	108,9	2,57
3 voies 10,50 m	6,3	24,5	46,6	108,8	2,16
4 voies 14 m (1)	6,1	19,6	41,8	121,8	1,77
2 x 2 voies	4,8	13,2	27,1	115,7	0,97
7 m express	6,6	25	50	125	2,35
autoroute (2)	3,8	8,8	21,8	123,5	0,58

(1) ces profils de route concernent le réseau existant, ils ne doivent plus être proposés en situation d'aménagement.

(2) urbaine et interurbaine.

10.1.2 - Mise à jour en 2013

Catégorie de route	Profil en travers	Taux d'accidents corporels par milliard de véh.km	Part d'accidents mortels	Part d'accidents graves ou mortels
Autoroute interurbaine	2*2 voies	16,0	9,6 %	58,0 %
	2*3 voies	19,1	8,1 %	55,9 %
	Tous types	17,1	9,0 %	57,2 %
Voie rapide urbaine	2*2 voies	83,7	2,8 %	22,8 %
	2*3 voies	77,6	2,5 %	23,3 %
	Tous types	80,0	2,6 %	23,1 %

Route nationale interurbaine	2 voies	48,8	23,75 %	83,33 %
	3 voies	42,6	20,37 %	72,22 %
	Chaussée unique	47,7	23,1 %	81,4 %
	Chaussée séparée	18,6	14,9 %	62,9 %

Source Sétra - CETE NP (années 2008 à 2010)

Nombre moyen de victimes par type d'accident sur la période 2006–2010 pour le réseau routier national interurbain

2006-2010	Accident mortel	Accident grave	Accident léger
Tué	1.165		
BH	0.619	1.287	
BL	0.379	0.314	1.363

Annexe 3 : Coûts d'entretien et d'exploitation

	Ratios d'entretien et d'exploitation pour les réseaux non concédés (€ ₂₀₁₀ HT par km)								
	Voies rapides urbaines		Autoroutes non concédées et voies assimilées	Grandes Liaisons d'Aménagement du Territoire (GLAT)		4 voies	3 voies	2 voies	2 voies
	2x3 voies	2x2 voies		2x2 voies	2 voies	14m	9m ou 10,50m	7 m	6 m
Entretien courant									
HT	66 100	44 100	7 100	4 300	3 400	3 600	3 100	2 600	1 800
Viabilité hivernale									
H1, H2	1 300	1 300	1 300	1 300	800	1 300	1 000	800	800
H3	3 500	3 500	3 500	3 500	1 800	3 500	2 600	1 800	1 800
H4	5 200	5 200	5 200	5 200	3 000	5 200	4 000	3 000	3 000

H1, H2, H3, H4 sont les niveaux de service de viabilité hivernale selon les différentes zones climatiques.

	Réseau routier concédé (€ ₂₀₁₀ HT/km).		
	Montagne	Vallonné	Plaine
Entretien courant et exploitation	149 000	134 000	127 000

Annexe 4 : Coûts de grosses réparations, renouvellements de immobilisations et ICAS par type de voie

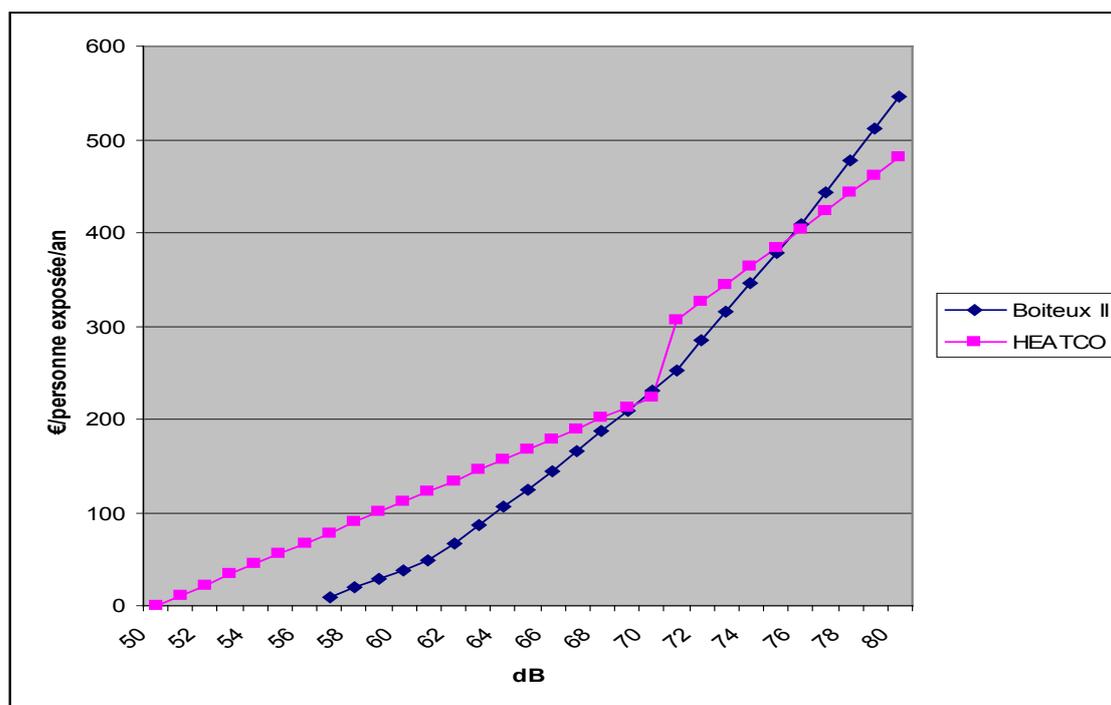
	Réseau routier concédé (€ ₂₀₁₀ HT/km).		
	Montagne	Vallonné	Plaine
Grosses réparations et renouvellement des immobilisations	66 700	53 650	44 950
ICAS ¹¹	11 600	8 700	8 700

	Réseau routier non concédé (€ ₂₀₁₀ /km)								
	Voies rapides urbaines		Autoroutes non concédées et voies assimilées	Grandes Liaisons d'Aménagement du Territoire (GLAT)		4 voies	3 voies	2 voies	2 voies
	2x3 voies	2x2 voies		2x2 voies	2 voies	14 m	9 m ou 10,50 m	7 m	6 m
HT	38 000	25 400	15 000	10 700	5 300	9 300	7 000	4 700	3 600
TVA	7 600	5 080	3 000	2 140	1 060	1 860	1 400	940	720
Total	45 600	30 480	18 000	12 840	6 360	11 160	8 400	5 640	4 320

¹¹ Investissement complémentaires sur autoroutes en service.

Annexe 5 : Comparaison des valeurs du bruit Quinet et Boiteux 2

Comparaison des valeurs obtenues selon les méthodes Boiteux II et HEATCO (€₂₀₁₀/personne exposée/an)



Source : CGSP (rapport Quinet, tome 2)

Résumé

Les travaux du groupe du CGSP présidé par Emile Quinet portant sur l'évaluation socio-économique de 2013 proposent des évolutions méthodologiques, des révisions de certaines valeurs utilisées et ouvrent des pistes de recherche ou d'approfondissement. Il apparaît utile de mettre ces propositions en perspective par rapport aux pratiques actuelles dans le secteur des transports, notamment dans le domaine routier interurbain (Instruction Cadre de 2005 et sa déclinaison routière de 2007).

Ce rapport aborde cinq principaux points :

- un rappel des recommandations du rapport sur les valeurs à utiliser pour le calcul socio-économique pour le mode routier ;
- un récapitulatif des mises à jour des données de référence utiles pour le calcul socio-économique pour le mode routier ;
- la présentation des recommandations du rapport qui appellent des approfondissements avec un rappel du fonctionnement de l'outil TransCAD® et des modules Sétra au regard des recommandations du CGSP en terme de calcul de surplus ;
- une simulation de l'impact des nouvelles valeurs tutélaires et de la mise à jour des paramètres du calcul socio-économique sur différents projets routiers types ;
- un focus sur la prise ne compte du risque avec des exemples de prise en compte du risque dans le calcul socioéconomique sur des projets routiers.

Ce document est entièrement subsidiaire aux documents de référence prescriptifs en matière d'évaluation au Ministère, auxquels il n'a aucune vocation à se substituer.