

Rapport d'étude

Prise en compte du risque macro-économique dans le calcul socio-économique

Faisabilité d'une méthode par scénarios
sur des projets routiers

Avril 2014



Rédacteur(s)

Hélène LE MAÎTRE – Sétra –CSTM-DEOST

téléphone : 33 (0) 1 60 52 33 02

mél : helene.le-maitre@cerema.fr

Préambule

Dans le cadre des travaux de la Commission présidée par le professeur Emile Quinet sur l'évaluation socio-économique des projets, l'accent a été mis sur le besoin de mieux prendre en compte le risque dit « systémique » dans l'évaluation des projets. Ce risque systémique traduit, schématiquement, la corrélation entre les bénéfices attendus du projet, et la richesse nationale (PIB).

Le rapport de la Commission Quinet a, en particulier insisté, sur le besoin de prendre en compte le caractère spécifique au projet considéré, du risque systémique.

Ce rapport explore, sur le cas de projets routiers, la mise en œuvre de cette recommandation.

La méthode utilisée dans ce rapport consiste, de façon simplifiée, à calculer la valeur actuelle nette du projet à partir de scénarii macroéconomiques probabilisés. La corrélation de cette valeur nette actualisée avec le PIB fournit alors une estimation du risque systémique.

Après un rappel sur le cadre théorique et les notions nécessaires au calcul socio-économique en situation de risque, le rapport présente des applications numériques sur quatre projets de transport routier ainsi que sur des variantes de ces projets.

Les résultats confirment la forte sensibilité des calculs aux spécificités des projets.

Il est important de souligner que les travaux présentés dans ce document sont de nature essentiellement scientifique et calculatoire. Ils n'engagent pas la position du Ministère sur la valeur du taux d'actualisation ni plus généralement sur la méthode de prise en compte du risque dans les évaluations de projet.

Page laissée blanche intentionnellement

Sommaire

1 - Méthode de prise en compte du risque dans le calcul économique	6
1.1 - Intégration des risques non systémiques dans le calcul économique : calcul en espérance	7
1.2 - Intégration des risques systémiques dans le calcul économique : calcul de l'équivalent certain	7
1.3 - Interprétation de l'équivalent certain à partir d'une formule approchée par développements limités	8
1.4 - Calcul en pratique	9
1.5 - Scénarios macro-économiques	10
1.6 - Enchaînements entre variables risquées : présentation simplifiée	11
2 - Prise en compte du risque sur différents types de projets et sur les variantes d'un même projet	13
2.1 - Hypothèses de calcul communes aux projets testés	13
2.2 - Résultats	13
3 - Comparaison des méthodes de prise en compte du risque	16
3.1 - Présentation des trois méthodes proposées dans le rapport Quinet	16
3.2 - Comparaison de trois méthodes de prise en compte du risque	18
3.3 - Spécificité au risque des projets : tests de sensibilité sur des variantes de projets	19
4 - Analyse de sensibilité au nombre de scénarios	23
4.1 - Scénarios	23
4.2 - Résultats des tests sur des projets routiers	24
5 - Conclusion	25
6 - Bibliographie	26

Page laissée blanche intentionnellement

Introduction

Dans le cadre des travaux de la commission Quinet sur l'évaluation des projets, les débats autour de la prise en compte du risque et du taux d'actualisation ont mis en lumière deux principales familles de méthodes, une méthode basée sur l'utilisation de scénarios macro-économiques probabilisés affectant les différents paramètres déterminant la valeur du projet (essentiellement la demande), et une autre méthode basée sur l'intégration de primes de risques forfaitaires dans le taux d'actualisation. La méthode par scénarios a fait l'objet de travaux du Sétra en septembre 2012 puis de contributions au groupe Quinet. Les simulations effectuées portaient alors sur des projets types, basés sur des cas réels mais pour lesquels les modèles de trafic avaient été simplifiés.

La caractéristique principale de l'approche par scénarios macro-économiques est son pouvoir discriminant entre les différents projets : chaque projet, au travers notamment de la sensibilité de ses différentes composantes (trafic notamment), se voit caractérisé par un risque spécifique, ce qui n'est pas le cas dans l'approche avec des primes de risques forfaitaires.

L'objet de ce rapport est de récapituler les travaux menés selon la méthode des scénarios macro-économiques probabilisés, en intégrant des simulations sur des projets réels.

L'approche par scénarios macro-économiques retient comme idée de représenter la distribution de probabilité des variables de tendances macro-économiques (c'est-à-dire le PIB ci-dessous), sous forme de quelques scénarios, de probabilité discrète, permettant alors de "dérouter" un calcul de bilan coûts-avantages par scénarios. En termes de calcul à mener, il s'agirait alors simplement de faire tourner quelques évaluations du projet chacun à partir d'un scénario macro-économique (typiquement, 3 ou 5 scénarios dans les propositions ci-dessous), puis de probabiliser ces bilans coût-avantages dans la formule de bénéfice actualisé risqué qui est rappelée au chapitre suivant. A noter que cette approche est dans la continuité des approches par scénarios déjà recommandées pour l'évaluation des projets de transports dans l'instruction cadre de 2005¹.

Cette méthode simplifiée a été testée sur des projets types dans le cadre des travaux dans le groupe Quinet. Il s'agit ici de la tester sur des projets réels afin de vérifier sa faisabilité et de compléter les résultats obtenus sur les projets simplifiés.

Dans cette étude, des scénarios macro-économiques sont utilisés. Ils sont issus des tests effectués par le Sétra pour le CGSP dans le cadre du rapport Quinet de 2013. Il convient cependant de rappeler que fixer ces éléments sur la croissance n'est pas de la compétence de la DTecITM (ex-Sétra).

Les divers travaux du Sétra ([1], [2]) ont largement documenté le fait que chaque projet de transport réagit différemment aux variations de contexte macro-économique, en raison non seulement du lien entre trafic de référence et richesse nationale (PIB), mais également du lien entre PIB et valeurs unitaires des coûts généralisés utilisés dans les choix entre modes / itinéraires ; et enfin de la spécificité de la composition du trafic et du réseau étudié.

Après la présentation de la méthode par scénarios et sa mise en œuvre sur des projets réels, ce rapport met en évidence cette spécificité au risque des projets à travers la mise en œuvre de la méthode par scénarios sur plusieurs variantes de chaque projet précédemment testé.

La dernière partie du rapport revient sur le nombre de scénarios utilisés dans la méthode. En effet, afin de ne pas augmenter les temps de calcul inutilement, des tests ont été effectués pour évaluer la sensibilité du résultat au nombre de scénarios. Il semble que 3 scénarios contrastés donnent une précision suffisante au résultat.

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

1 - Méthode de prise en compte du risque dans le calcul économique

Un projet de transports consiste en une décision de construire un objet de fonctionnalités données dans un environnement donné. Cet environnement est caractérisé par les conditions économiques (coûts, prix, demande, comportements des modes concurrents), mais aussi naturelles, technologiques, sociales. Le risque auquel est exposé le projet joue, schématiquement, à deux niveaux :

- les conditions dans lesquelles a été évalué le projet sont, de fait, aléatoires : la demande de transports, les coûts, les prix relatifs, la croissance, etc. ne sont pas connus de façon certaine durant toute la vie du projet : dans la suite du rapport, ces sources d'aléas seront qualifiées de « risques économiques », ce sont les risques dont il est question ici ;
- des aléas peuvent affecter le fonctionnement du système de transports une fois qu'il est en place, voire pendant sa phase de construction : aléas naturels, industriels, actes malveillants.

Les risques économiques peuvent être distingués en deux groupes :

- **les risques non systémiques**, qui ne dépendent pas de la croissance macro-économique. Il s'agit des risques liés à la mise en œuvre de l'évaluation, ils peuvent résulter par exemple : de l'emploi de données insuffisamment fiables (enquêtes O-D, estimation trop sommaire du coût du projet, etc.), d'une modélisation insuffisante de la situation initiale ou de la situation de référence. Ces risques sont diversifiables du point de vue de la collectivité, c'est-à-dire que leur variabilité n'a pas d'impact sur la richesse des individus pris collectivement. Ils peuvent donc être pris en compte dans le calcul économique en prenant la valeur moyenne obtenue par des tests de sensibilité ;
- **les risques systémiques**, qui correspondent aux risques macro-économiques affectant la richesse de la collectivité (le PIB). Il s'agit de risques non diversifiables, la collectivité y est exposée ; ils doivent être pris en compte explicitement. Le PIB et donc les coûts et les avantages du projet sont alors incertains : on a plusieurs scénarios possibles de PIB, chacun ayant une probabilité d'occurrence. On introduit donc la notion d'équivalent certain de la valeur actualisée nette (VAN), qui est la valeur certaine du projet équivalente du point de vue de la collectivité à un tirage entre différents scénarios de PIB. Si la collectivité est aversive au risque, l'équivalent certain de la VAN est inférieur à l'espérance de la VAN : la collectivité préférera avoir un gain certain (l'équivalent certain de la VAN) plutôt que des gains incertains (l'espérance de la VAN). La différence entre l'équivalent certain de la VAN et l'espérance de la VAN est ce que la collectivité est prête à payer pour éviter le risque. Cette grandeur est définie comme la prime de risque.

Pour ces deux types de risque, les coûts et avantages de projets sont des variables aléatoires, que l'on peut déterminer en utilisant des scénarios auxquels on affecte une probabilité.

Notations

Dans les formules suivantes du rapport, a est le taux d'actualisation, T est l'année d'actualisation, le symbole E représente l'espérance mathématique, X_t représente les avantages du projet à l'année t , et C_t représente le PIB à l'année t .

1.1 - Intégration des risques non systémiques dans le calcul économique : calcul en espérance

Les risques non systémiques sont des risques dit diversifiables, donc la variabilité des valeurs risquées n'influence pas la richesse nationale : la collectivité est neutre à ce type de risques. Autrement dit, elle n'est pas prête à payer pour ce type de risque car ces risques sont diversifiables : à l'échelle de la collectivité, ils se compensent en moyenne sur plusieurs projets ou entre acteurs. On peut alors considérer ces risques en moyenne et on calcule alors l'espérance du bénéfice net actualisé.

Il s'agit d'évaluer l'espérance des coûts et avantages du projet en utilisant des scénarios probabilisés portant sur :

- l'utilisation de plusieurs hypothèses d'évolution générale du trafic dont les fourchettes haute et basse s'appuient sur des tests statistiques des principales variables déterminant la demande de transport, par exemple le prix de l'énergie et la fiscalité des carburants ;
- la variation du coût d'investissement selon une amplitude fonction des aléas techniques possibles comme les caractéristiques des ouvrages, et du niveau amont ou aval de l'étude conditionnant la précision de l'estimation ;
- la prise en compte éventuelle de plusieurs options de référence et notamment la description du réseau de référence qui apparaît comme la principale source de risque lié au trafic.

La valeur actualisée nette s'écrit alors, avec les notations précédentes :

$$E(VAN) = \sum_t \frac{E(X_t)}{(1+a)^{t-T}}$$

1.2 - Intégration des risques systémiques dans le calcul économique : calcul de l'équivalent certain

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 le 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 « 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.

La valeur actualisée nette est définie par l'équation suivante qui égalise l'utilité du gain certain équivalent pour la collectivité avec l'espérance d'un gain incertain :

$$\underbrace{U(C_0 + VAN_{\text{équivalente}}) - U(C_0)} = \underbrace{\sum_{t=1}^{\infty} [e^{-\delta t} E(U(C_t + X_t) - U(C_t))]} \quad (1)$$

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 équivalent s'ajoute à la richesse actuelle C_0 ;
- 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 ;
- sans projet donc avec uniquement la richesse aléatoire C_t à l'année t

La partie suivante propose une interprétation de l'équivalent certain de la VAN à partir d'une formule approchée obtenue par développements limités

1.3 - Interprétation de l'équivalent certain à partir d'une formule approchée par développements limités

1.3.1 - Calcul de la formule approchée de l'équivalent certain :

On repart de la formule $U(C_0 + VAN_{\text{équivalente}}) - U(C_0) = \sum_{t=1}^{\infty} [e^{-\delta t} E(U(C_t + X_t) - U(C_t))]$ et on transforme le terme de droite par des développements limités.

Si X est petit devant C , c'est-à-dire si le projet est marginal par rapport au PIB, ce qui est généralement le cas, la transposition du cadre ci-dessus à la décision par un décideur public dénommé ci-après "la collectivité" d'un projet peut se formuler de la façon suivante :

$$E(u(C + X)) \approx E(u(C) + u'(C).X)$$

soit au premier ordre

$$E(u(C + X)) = E(u(C)) + E(u'(C)).E(X) + \text{cov}(u'(C); X)$$

En notant $X_1, \dots, X_t, \dots, X_T$ les flux liés au projet pour chaque année t et $C_1, \dots, C_t, \dots, C_T$ la richesse de la collectivité à chaque année t , δ le taux de préférence pure pour le présent, on obtient :

$$\sum_{t=0}^{\infty} \frac{E[u(C_t + X_t)]}{(1 + \delta)^t} = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(1 + \delta)^t} \cdot (E(u(C_t)) + E(u'(C_t)).E(X_t) + \text{cov}(u'(C_t); X_t)) \right]$$

en appliquant le développement au second ordre : $u'(C_t) = u'(E(C_t)) + [C_t - E(C_t)]u''(E(C_t))$

on obtient :

$$\sum_{t=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(1 + \delta)^t} \cdot ((u'(E(C_t)) + [C_t - E(C_t)]u''(E(C_t)).E(X_t)) + \text{cov}(u'(E(C_t)) + [C_t - E(C_t)]u''(E(C_t)); X_t)) \right]$$

En notant $\gamma = \frac{-E(C).u''(E(C_t))}{u'(E(C_t))}$ aversion au risque de la collectivité, supposée constante quel que soit t ,

on obtient : $VAN_{\text{équivalente}} = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\frac{1}{(1 + \delta)^t} \cdot u'(E(C_t)) \left(E(X_t) - \gamma \frac{\text{cov}(C_t; X_t)}{E(C_t)} \right) \right]$

1.3.2 - Interprétation de l'équivalent certain

En notant $X_1, \dots, X_t, \dots, X_T$ les flux liés au projet pour chaque année t ($X_t = \Delta I_t + \Delta A_t + \Delta E_t$ avec les notations précédentes) et $C_1, \dots, C_t, \dots, C_T$ la richesse de la collectivité (le PIB) à chaque année t , δ le taux de

préférence pure pour le présent, et à partir de développements limités sur $E(U(C_t + X_t) - U(C_t))$, on obtient la formule approchée de l'équivalent certain de la VAN suivante en résolvant l'équation (1) :

$$VAN_{\text{équivalente}} = \sum_{t=0}^{\infty} \left[\underbrace{\frac{1}{(1+\delta)^t}}_{\text{Coefficient d'actualisation sans risque au sens du rapport Lebègue (repris dans l'instruction cadre de 2005)}} \cdot u'(E(C_t)) \left(E(X_t) - \gamma \frac{\text{cov}(C_t; X_t)}{E(C_t)} \right) \right] \quad (2)$$

Coefficient d'actualisation sans risque au sens du rapport Lebègue (repris dans l'instruction cadre de 2005)

Soit, avec a taux d'actualisation sans risque au sens du rapport Lebègue :

$$VAN_{\text{équivalente}} = E(VAN) - \underbrace{\gamma}_{\text{Aversion pour le risque de la collectivité}} \underbrace{\sum_{t=0}^{\infty} \frac{1}{(1+a)^t} \frac{\text{cov}(C_t; X_t)}{E(C_t)}}_{\text{ce que la collectivité est prête à payer pour accepter le risque sur sa richesse}}$$

Quantifie la corrélation entre les avantages X_t du projet à l'année t et la richesse C_t de la collectivité à l'année t

Espérance de la VAN —

Si la collectivité est averse au risque, l'équivalent certain de la VAN est inférieur à l'espérance de la VAN : la collectivité préférera avoir un gain certain (l'équivalent certain de la VAN) plutôt que des gains incertains (l'espérance de la VAN). La différence entre l'équivalent certain de la VAN et l'espérance de la VAN est ce que la collectivité est prête à payer pour éviter le risque. Cette grandeur est définie comme la prime de risque comme définie dans la formule ci-dessus.

Cette prime de risque est le produit de l'aversion pour le risque de la collectivité, et d'une grandeur actualisée proportionnelle à la corrélation des avantages X_t du projet à l'année t et de la richesse C_t de la collectivité à l'année t , corrélation quantifiée par la covariance dans la formule ci-dessus.

1.4 - Calcul en pratique

En pratique il n'est pas nécessaire de passer par l'approximation (2) présentée en 1.3 pour prendre en compte le risque. La formule (1) de la partie 1.2 peut être appliquée directement. Il s'agit donc de trouver l'équivalent certain de la VAN, $VAN_{\text{équivalente}}$, telle que :

$$U(C_0 + VAN_{\text{équivalente}}) - U(C_0) = \sum_{t=1}^{\infty} [e^{-\delta t} E(U(C_t + X_t) - U(C_t))]$$

Pour simplifier, dans la suite de l'étude, les risques non diversifiables probabilisés sont représentés par des scénarios de PIB. Il convient donc 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, notée p_{sc} par la suite. Un exemple de scénarios probabilisés est donné dans la partie suivante.

En prenant une fonction d'utilité $U(C) = \frac{C^{1-\gamma}}{1-\gamma}$ et les notations précédentes, la résolution de cette équation donne la formule suivante de l'équivalent certain de la VAN :

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

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

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

$E(X_{sc,t})$ l'espérance des avantages de l'année t dans le scénario sc ;

δ le taux de préférence pure pour le présent, qui est égal à 1% d'après le rapport Lebègue ;

N l'horizon d'évaluation du projet ;

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, qui est égal à 2 d'après le rapport Lebègue.

1.5 - Scénarios macro-économiques

Les scénarios utilisés par la suite portent sur le PIB uniquement. D'autres risques systémiques comme le prix du carburant peuvent également être pris en compte dans la méthode par scénarios.

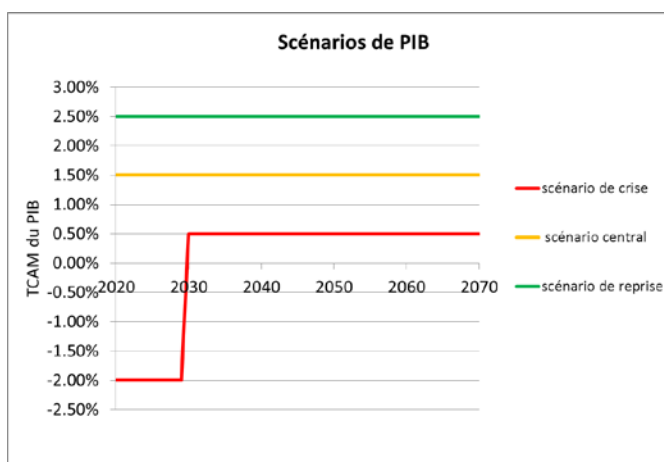
Les scénarios de PIB utilisés correspondent à des scénarios présentés dans les tests effectués par le Sétra pour le CGSP dans le cadre du rapport Quinet de 2013.

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 par la méthode par scénarios conduirait, par une approche par augmentation du taux d'actualisation en moyenne, à une prime de risque du projet 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%².

1.6 - Enchaînements entre variables risquées : présentation simplifiée

Dans le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet de transports, le lien entre PIB et avantages du projet apparaît à la fois au niveau du calcul des coûts et avantages unitaires du projet, mais surtout au niveau des trafics, et ce, à plusieurs étapes du calcul, comme le montre le graphique simplifié ci-dessous.

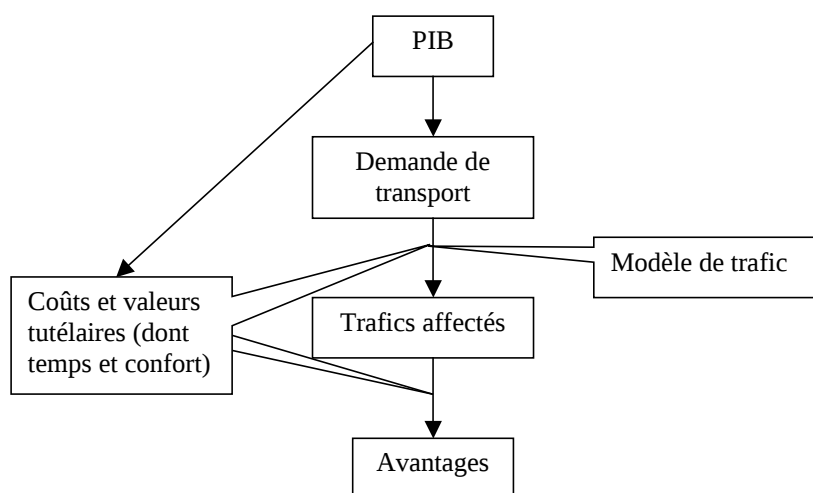


Figure 1 : Liens entre PIB et avantages d'un projet

Le taux de croissance du PIB joue schématiquement à trois niveaux lors du calcul de la VAN :

- sur la demande en amont du modèle de trafic via une élasticité demande/PIB ;
- sur les valeurs tutélaires (principalement valeur du temps et confort) et les coûts au niveau de l'affectation de trafic ;
- sur les valeurs tutélaires utilisées dans le calcul socio-économique.

² 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 différentes variables conduisant au calcul de la VAN sont donc liées entre elles de différentes façons aux différentes étapes du calcul. Ainsi, lors de l'affectation, l'influence du PIB sur les variations de trafics est fonction des autres variables de l'affectation, et notamment des caractéristiques des itinéraires, d'où l'importance d'avoir une approche spécifique à chaque projet.

Afin de prendre en compte la spécificité au risque macro-économique d'un projet de transport, il s'agit donc de faire tourner à la fois le modèle de trafic et le calcul socio-économique associé sous différents scénarios macro-économique. Dans les simulations effectuées dans la suite du rapports, seuls des scénario sur le PIB sont effectués mais la méthode s'applique à tous risques systémiques.

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

Cette partie présente la mise en œuvre de la méthode par scénarios sur plusieurs projets routiers.

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 :

- La déviation 1 est une déviation d'agglomération de 5 km ;
- La déviation 2 est une déviation d'agglomération de 7 km ;
- Le projet 1 est une autoroute concédée comprenant 2 déviations d'agglomération, d'une longueur totale d'environ 90 km ;
- Le projet 2 est une autoroute non concédée de 2x2 voies présentant un fort trafic PL.

Les projets routiers testés dans le cadre de ce rapport ont été anonymisés. Il s'agit de projets réels avec des modèles d'affectation prix-temps. L'affectation et le bilan socio-économique ont été effectués avec les modules Sétra³ de TransCAD.

2.1 - 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.

Les taux de croissance de la demande sont calculés à partir des taux de croissance du SeSP [4] avec une élasticité par rapport au PIB⁴. Les valeurs tutélaires appliquées sont celles de l'instruction cadre de 2005. Le COFP (coût d'opportunité des fonds publics) n'a pas été pris en compte dans les calculs.

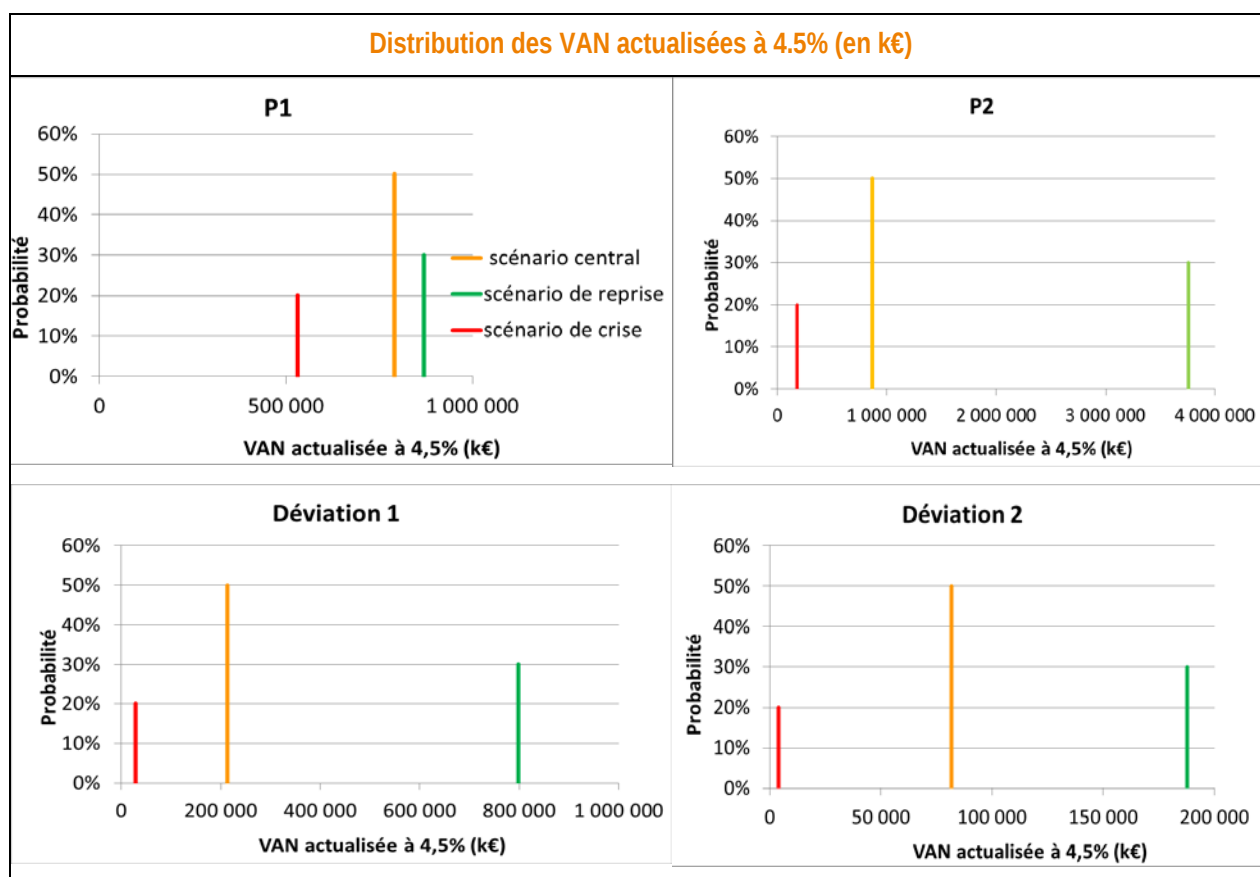
Pour les tests effectués, le taux de croissance du coût de la tonne de CO₂, qui est de 100€₂₀₁₀ en 2030, est de 4,5% à partir de 2030. Il n'y a donc pas d'élasticité du coût de la tonne de CO₂ au PIB.

2.2 - Résultats

Dans cette partie la méthode par scénarios est appliquée aux quatre projets réels. Le modèle de trafic et l'évaluation socio-économiques sont réalisés pour les 3 scénarios de PIB, puis à partir des séquences d'avantages et de PIB, l'équivalent certain de la VAN est calculé.

³ Pour la description de ces outils, voir [3]

⁴ Les 2 élasticités utilisées sont tout d'abord une élasticité de 1, qui, au vu des travaux du SÉTRA [9], est surestimée, puis une élasticité de l'ordre de 0,7.



	P1	P2	Déviation 1	Déviation 2
Équivalent certain de la VAN	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 équivalent certain de la VAN	-25%	26%	13%	5%
Taux d'actualisation équivalent	3.8%	5.24 %	4.87 %	4.14 %

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, ce qui se voit sur le graphique car les VAN sont étalées, et sur le taux d'actualisation équivalent qui est relativement fort (5.2%). Cette infrastructure supporte un fort trafic PL. Il est donc logique que le projet soit 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%). Il est à noter que l'alternative du projet P1 testée ici est une alternative concédée.

Par ailleurs, les deux projets de déviation testés, bien que pouvant être considérés comme des 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.

	Déviati <u>o</u> n 2 Est	Déviati <u>o</u> n 2 centre	Déviati <u>o</u> n 2 Ouest
Équivalent certain de la VAN	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 équivalent certain de la VAN	-14 %	11 %	5%
Taux d'actualisation équivalent	4.14%	4.78 %	4.73 %

Pour les 3 variantes de la déviation 2, on observe que la prise en compte du risque ne change pas la hiérarchisation des 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 le risque est pris en compte, ce qui rend le contournement Est nettement plus intéressant que la variante centre.

3 - Comparaison des méthodes de prise en compte du risque

Dans le cadre des travaux de la commission Quinet sur l'évaluation des projets, les débats autour de la prise en compte du risque et du taux d'actualisation ont mis en lumière deux principales familles de méthodes, celle « par scénarios », et celle « des bêtas ».

En théorie, ces deux approches devraient fournir les mêmes résultats car elles ne diffèrent que par la forme mathématique choisie pour écrire une somme actualisée.

Dans la pratique, ces deux approches nécessitent chacune, pour être proprement appliquée, un certain nombre d'informations outre la préférence pour le présent indépendamment du risque, notamment :

- l'aversion collective pour le risque ;
- la distribution de probabilité de la richesse nationale à laquelle contribue le projet ;
- la distribution de probabilité des impacts du projet, connaissant la richesse nationale.

Ces méthodes et leurs limites respectives d'application sont détaillées dans le rapport Quinet et les contributions du tome 2 notamment. La partie suivante rappelle leurs approches simplifiées respectives de mise en œuvre, puis les résultats de ces deux méthodes et de la méthode transitoire « classique » sont comparés sur des projets.

3.1 - Présentation des trois méthodes proposées dans le rapport Quinet

Le rapport Quinet propose tout d'abord une méthode « transitoire » qui consiste à utiliser un taux d'actualisation de 4.5 %. Pour prendre en compte le risque non diversifiable, deux méthodes équivalentes sont proposées :

- la méthode par scénarios (appelée méthode « du numérateur » dans le rapport Quinet), consiste schématiquement à appliquer un facteur d'actualisation (représentant la préférence pour le présent indépendamment de la prise en compte du risque), à la séquence des espérances d'utilité sociale (monétarisée) dégagée par le projet ; cette approche est directement issue de la théorie dite de Von Neumann Morgenstern de maximisation de l'espérance de l'utilité ;
- la méthode des bêtas (appelée également méthode "du dénominateur" dans le rapport Quinet), consiste à corriger le facteur d'actualisation, par un coefficient intégrant le risque, et à appliquer ce facteur à une séquence d'utilités sociales du projet exemptes de risques.

Dans les formules suivantes, le symbole E représente l'espérance mathématique, X_t représente les avantages du projet à l'année t, et C_t représente le PIB à l'année t.

3.1.1 - Méthode transitoire

La méthode transitoire du rapport Quinet consiste à actualiser les avantages annuels du projet avec un taux d'actualisation 4.5% : On calcule alors :

$$VAN = \sum_t \frac{E(X_t)}{(1 + 4,5\%)^{t-T}}$$

3.1.2 - Méthode par scénarios

La méthode par scénarios consiste à calculer explicitement les flux du projet dans les différents scénarios macroéconomiques possibles puis à procéder à des calculs d'espérances d'utilités actualisées au taux sans risque afin de déduire l'équivalent certain de la VAN. Elle a été décrite dans les parties précédentes : elle consiste à prendre en compte le risque spécifique au projet à la source en revenant à la formule de Von Neumann Morgenstern de maximisation de l'espérance de l'utilité. Il s'agit de calculer l'équivalent certain de la VAN ($VAN_{\text{équivalente}}$) défini comme suit :

$$U(C_0 + VAN_{\text{équivalente}}) - U(C_0) = \sum_{t=1}^{\infty} \left[e^{-\delta t} E(U(C_t + X_t) - U(C_t)) \right]$$

3.1.3 - Méthode des bêtas

La méthode des bêtas, consistant à augmenter le taux d'actualisation par une prime de risque spécifique au projet, est équivalente à la méthode par scénarios.

Elle consiste à déterminer le bêta traduisant la corrélation entre les avantages annuels du projet et le PIB, pour en déduire la prime de risque $\beta\phi$ propre au projet, et à calculer la VAN avec un taux d'actualisation augmenté de cette prime de risque :

$$VAN = \sum_t \frac{E(X_t)}{(1 + r + \beta\phi)^{t-T}}$$

Paramètres de référence de la méthode des bêtas

La prime de risque macroéconomique ($\phi = \gamma\sigma_c^2$) intègre à la fois la volatilité de l'économie (σ_c^2) et l'aversion relative de la collectivité pour le risque (γ). Le rapport Quinet a retenu, pour la prime de risque ϕ , une valeur de référence de **2 %** (3 % après 2070).

Le taux d'actualisation sans risque, r est de **2,5 %** (1,5 % après 2070).

Les bêtas, traduisant la corrélation entre les avantages annuels du projet et le PIB, varient selon chaque projet. Le rapport Quinet propose des valeurs de référence, qui varient selon le mode et le type d'avantage :

- les coûts de construction sont actualisés avec un bêta fixé par défaut à 0,5 ;
- les avantages de CO₂ sont actualisés avec un bêta de 1 ;
- les autres avantages sont actualisés avec les bêtas par mode suivants :

Voyageurs urbains	1.1
Voyageurs régionaux	1.2
Voyageurs longue distance	1.7
Ferroviaire fret	1.7

Le principal inconvénient de cette approche par valeurs de référence par secteur est qu'elle revient à nier toute spécificité de chaque projet de transport donc, de fait, à ne pas prendre en compte le risque dans le choix entre projets au sein d'un même secteur puisque tous ces projets sont supposés avoir le même risque.

Taux d'actualisation augmentés de la prime de risque

Au final la méthode des bêtas consiste à utiliser 3 taux d'actualisation selon le type d'avantages, soit jusqu'en 2070 des taux d'actualisation de :

- 3.5% pour les coûts d'investissement ;
- 4.5% pour les émissions de CO2 ;
- 5.9% pour les autres avantages pour le mode routier.

3.2 - Comparaison de trois méthodes de prise en compte du risque

3.2.1 - Notion de taux d'actualisation équivalent

On détermine un « taux d'actualisation équivalent » a' , qui serait le taux d'actualisation à appliquer à une séquence d'espérances de coûts-avantages sans risque pour retrouver la valeur de l'équivalent certain de la VAN. Pour déterminer ce taux d'actualisation équivalent, on résout l'équation suivante :

$$VAN_{\text{équivalente}} = \sum_t \frac{E(X_t)}{(1+a')^t}$$

Le « taux d'actualisation équivalent », est donc celui qu'il faudrait appliquer si l'on retenait que les impacts (coûts et avantages) du projet étaient certains. Il s'agit là d'un artifice de présentation, qui conduit à incorporer au taux d'actualisation les informations sur le risque lié au projet. Cet artifice de présentation, s'il permet de se raccrocher à la notion d'actualisation bien connue en évaluation des projets, et de faire le lien avec les travaux du CGSP cités ci-dessus, ne doit cependant pas masquer que les risques du projet sont attachés à chacun de ses coûts et de ses avantages, et à leur séquence temporelle ; ce qui veut dire notamment que les risques du projet sont spécifiques à ce projet.

3.2.2 - Notion de "bêta équivalent"

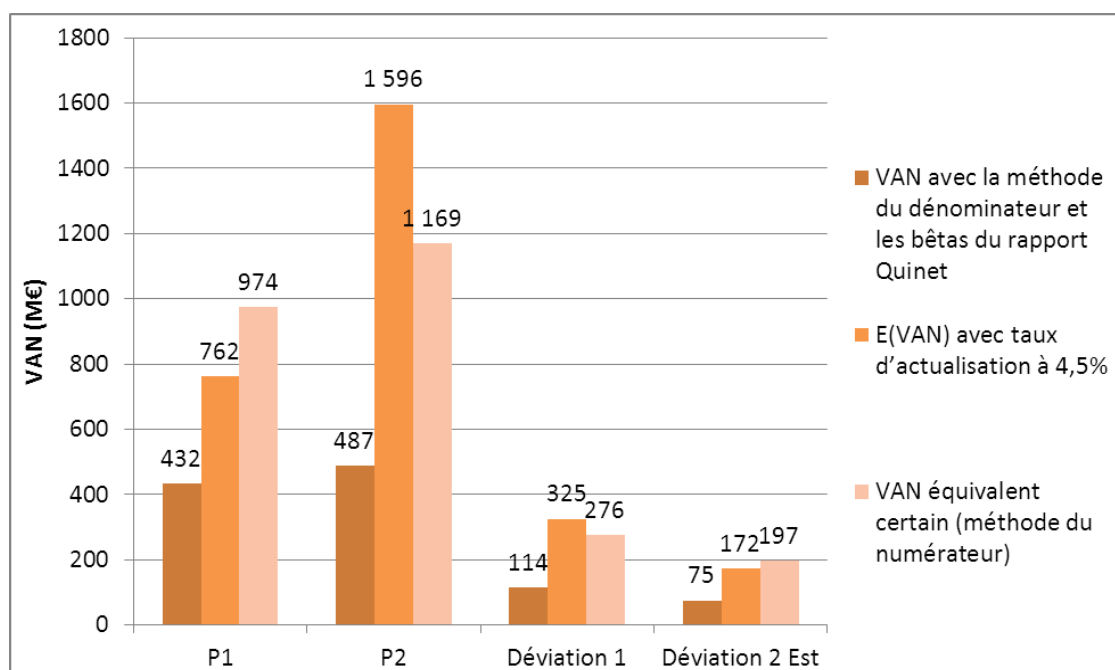
La notion de bêta équivalent découle du taux d'actualisation équivalent. Les bêtas « équivalents »⁵ sont les « bêtas » qui, appliqués dans la méthode des bêtas telle qu'elle est calibrée dans le rapport Quinet, permet de retrouver l'équivalent certain de la méthode par scénarios. Concrètement il s'agit de garder les paramètres ϕ et r du rapport Quinet et d'en déduire un bêta équivalent de la façon suivante :

$$r + \beta\phi = \alpha \text{ avec } \begin{aligned} &\beta \text{ le « bêta équivalent » du projet ;} \\ &\alpha \text{ le taux d'actualisation équivalent du projet ;} \\ &\phi = 2\% ; \\ &r = 2.5\%. \end{aligned}$$

⁵ Il convient de noter qu'il ne s'agit pas du bêta socio-économique tel qu'il est introduit dans le rapport Gollier, mais bien d'un bêta « équivalent » qui, appliqué avec les paramètres du rapport Quinet permet de retrouver le taux d'actualisation équivalent. Parmi les hypothèses de calcul sous-jacentes au bêta, on suppose que le PIB suit des mouvements browniens géométriques, ce qui n'est pas le cas avec les scénarios utilisés dans la méthode par scénarios.

3.2.3 - Comparaison des résultats sur les quatre projets avec une élasticité de 1 de la demande au PIB

Le graphique ci-dessous présente les résultats des trois méthodes sur les 4 projets testés.



Globalement la mise en oeuvre de la méthode des bêtas sur-estime la sensibilité des projets aux PIB par rapport à la méthode par scénarios : les équivalents certains des VAN sont systématiquement plus forts que les VAN calculées avec les bêtas du rapport Quinet. En effet, le taux d'actualisation de 5.9% des avantages hors CO2 est plus fort que le taux d'actualisation équivalent des projets qui est de l'ordre de 3 à 5% (voir partie suivante). Ceci s'explique par le fait que les bêtas du rapport Quinet somment une élasticité de la demande au PIB à une élasticité des gains de temps au PIB, ignorant ainsi la spécificité du projet au PIB ; à savoir, on oublie notamment la phase de choix d'itinéraire qui atténue l'élasticité de la demande au PIB, les effets de congestion, les parts relatives des avantages dans la VAN.

Les équivalents certains des VAN calculés à partir de la méthode par scénarios sont, selon les projets, plus forts ou plus faibles que les VAN calculées avec un taux d'actualisation de 4.5%. On notera que les scénarios de PIB choisis dans ce rapport sont ceux utilisés dans le cadre du groupe Quinet, et ont donc été calibrés pour obtenir au final des valeurs de l'équivalent certain de la VAN proches de celles obtenues avec un taux d'actualisation de 4.5%. Cependant les résultats ci-dessus confirment que la méthode par scénarios permet de mieux discriminer les projets sur la base de leur risque.

3.3 - Spécificité au risque des projets : tests de sensibilité sur des variantes de projets

Dans cette partie, les projets utilisés précédemment sont repris puis des variantes sont créées pour chaque projet. Pour chacune de ces variantes, l'équivalent certain de la VAN ; le taux d'actualisation équivalent et le bêta équivalent sont calculés.

3.3.1 - Tests sur les quatre projets

	P1	P2	Déviatiion 1	Déviatiion 2 Est
Équivalent certain de la VAN	974 M€	1 169 M€	276 M €	197 M €
Taux d'actualisation équivalent	3,8 %	5,24 %	4,87 %	4,14 %
Bêta équivalent	0.65	1.37	1.18	0.82

3.3.2 - Tests de variantes pour la déviation 1

5 variantes sont testées pour la déviation 1 :

- le cas de base est la déviation avec une élasticité de la demande au PIB de 0.7 ;
- la variante « élasticité de 1 » consiste à évaluer le cas de base avec une élasticité de 1 de la demande au PIB plutôt que 0.7 ;
- la variante concédée est le cas de base avec le projet concédé, avec un péage de 0.08€/km pour les VL et 0.18€/km pour les PL (TTC) ;
- la variante courte correspond au cas de base avec un projet 20% plus court ;
- la variante longue correspond au cas de base avec un projet 20% plus long ;
- la variante scénario de référence consiste à modifier le scénario d'aménagement : la 2x1 voies qui dessert l'agglomération n'est pas aménagée en 2x2 voies.

	Cas de base	Elasticité de 1	Variante concédée	Variante longue	Variante courte	Variante scénario de référence
Équivalent certain de la VAN	197 M€	300 M€	- 56 M€	- 56 M€	72 M€	69 M€
Taux d'actualisation équivalent	4.49%	4.87%	4.65%	4.42%	4.70%	4.72%
Bêta équivalent	0.99	1.18	1.07	0.96	1.10	1.11

3.3.3 - Tests de variantes pour le projet 1

Les variantes courte, longue et élasticité de 1 testées sur le projet 1 sont les mêmes que celles de la déviation 1.

	Cas de base	Elasticité de 1	Variante longue	Variante courte
Équivalent certain de la VAN	6227 M€	974 M€	-168 M€	644 M€
Taux d'actualisation équivalent	3.5%	3.8%	3.9%	3.7%
Bêta équivalent	0.49	0.65	0.71	0.59

3.3.4 - Tests de variantes pour le projet 2

Les variantes testées sur le projet 2 sont les mêmes que celles de la déviation 1.

	Cas de base	Elasticité de 1	Variante concédée	Variante longue	Variante courte
Équivalent certain de la VAN	754 M€	1 169 M€	-1 124 M€	189 M€	336 M€
Taux d'actualisation équivalent	4.54 %	5,24 %	4.48 %	4.54 %	4.33 %
Bêta équivalent	1.02	1.37	0.99	1.02	0.92

3.3.5 - Tests de variantes pour la déviation 2

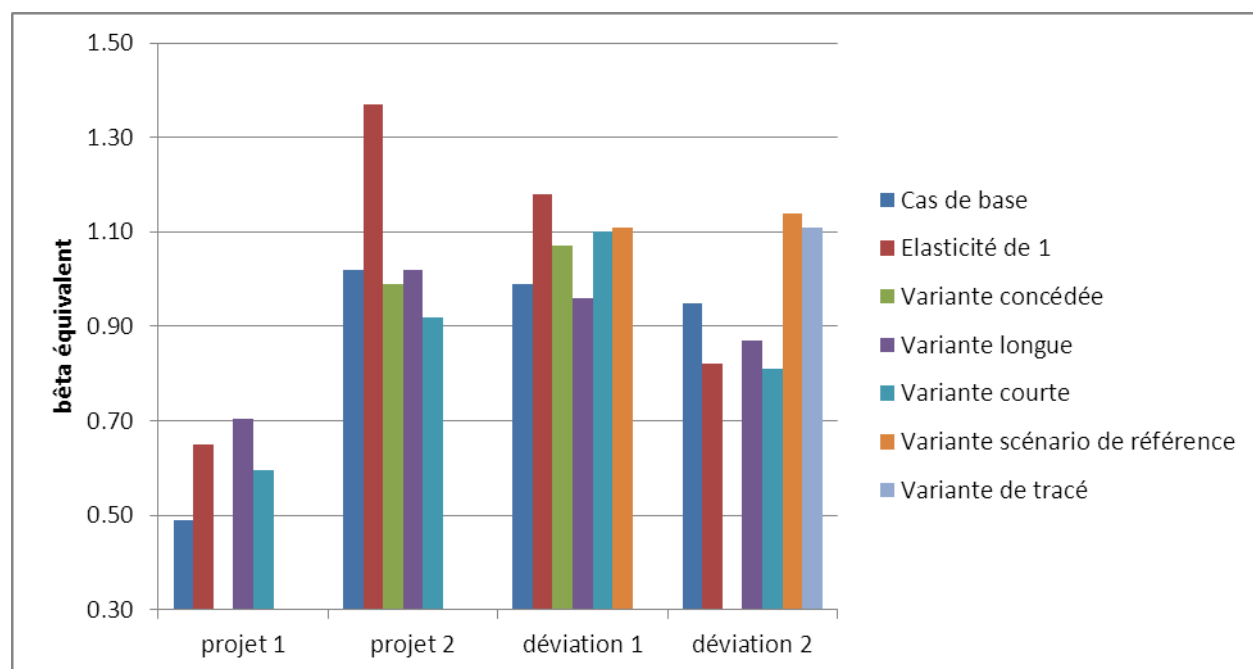
Les variantes testées sur le projet 2 sont les mêmes que celles de la déviation 1, avec en plus 2 variantes sur le tracé. Les trois variantes de tracé sont : une déviation Est, une déviation Ouest avec une élasticité de la demande au PIB de 1 et une déviation centre qui est plus proche de l'agglomération, avec une élasticité de la demande au PIB de 1 également.

Le cas de base est la déviation Est avec une élasticité de la demande au PIB de 0.7.

	Cas de base	Variante courte	Variante longue	Déviation 2 Est, élasticité de 1	Déviation 2 centre	Déviation 2 Ouest
Équivalent certain de la VAN	123 M €	298 M €	-26 M €	197 M €	137 M €	89 M €
Taux d'actualisation équivalent	4.40 %	4.13%	4.24%	4.14%	4.78%	4.72%
Bêta équivalent	0.95	0.81	0.87	0.82	1.14	1.11

3.3.6 - Synthèse sur la spécificité du risque au projet

Le graphique suivant présente les différents bêtas « équivalents » obtenus pour chaque projet.



Encore une fois, le calcul de ces bêtas « équivalents » confirme la spécificité de la sensibilité des projets au risque macro-économique.

Il ne semble pas possible, à partir des tests effectués ci-dessus, de tirer de conclusion sur l'ordre de grandeur du bêta équivalent du projet, que ce soit à partir du type de projet (projet d'autoroute ou déviation ici), ou, à partir du type de variante par rapport au bêta du scénario de base.

Par exemple, pour le projet 2, la variante courte a un bêta équivalent plus faible que la variante longue, tandis que la tendance est inversée pour la déviation 2.

4 - Analyse de sensibilité au nombre de scénarios

Par rapport à la méthode dite « des bêtas », la méthode par scénarios a un coût : la démultiplication des scénarios de croissance entraîne une démultiplication équivalente des temps de calcul liés aux simulations de trafic. Le temps de calcul associé aux simulations de trafic, et le manque de relation simple entre hypothèses de PIB et trafic interdisent l'utilisation de scénarios trop nombreux ainsi que l'application de méthodes de Monte-Carlo.

L'objet de cette partie est de déterminer le nombre de scénarios distincts minimum permettant la mise en œuvre efficace de la méthode par scénarios. Afin d'avoir toujours un scénario central, on ne considère que des cas où le nombre de scénarios est impair. De fait, comme le montre la suite de la note, on constate qu'il est clairement suffisant de prendre en compte trois scénarios distincts.

Dans la suite de cette partie, nous considérons les quatre projets routiers réels utilisés dans la partie précédente. Pour chacun d'entre eux, la méthode par scénarios est appliquée, avec trois puis cinq scénarios. La comparaison des deux approches montre que l'amélioration de la précision des résultats n'est pas justifiée par l'augmentation substantielle des temps de calcul. Ce rapport complète une note précédente⁶ qui testait sur des projets types l'utilisation de la méthode de Monte-Carlo, de 5 scénarios et de 3 scénarios. Cette note concluait, sur les projets types testés, que l'utilisation de 3 scénarios était satisfaisante.

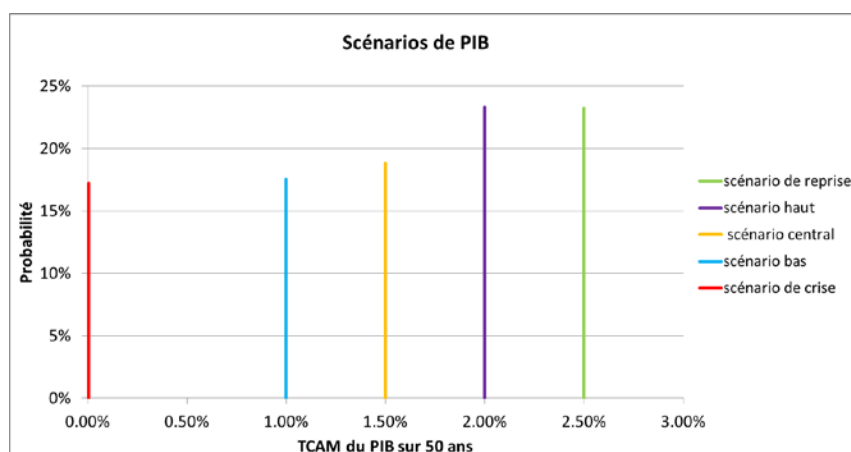
4.1 - Scénarios

Cette deuxième combinaison de scénarios est composée des 3 scénarios précédents complétés de deux scénarios moyens :

- le scénario "bas" de croissance de 1% par an du PIB ;
- le scénario "haut" de croissance de 2% par an du PIB.

Afin de conserver la moyenne et l'écart type de la distribution de scénarios précédente, la probabilité des scénarios est la suivante :

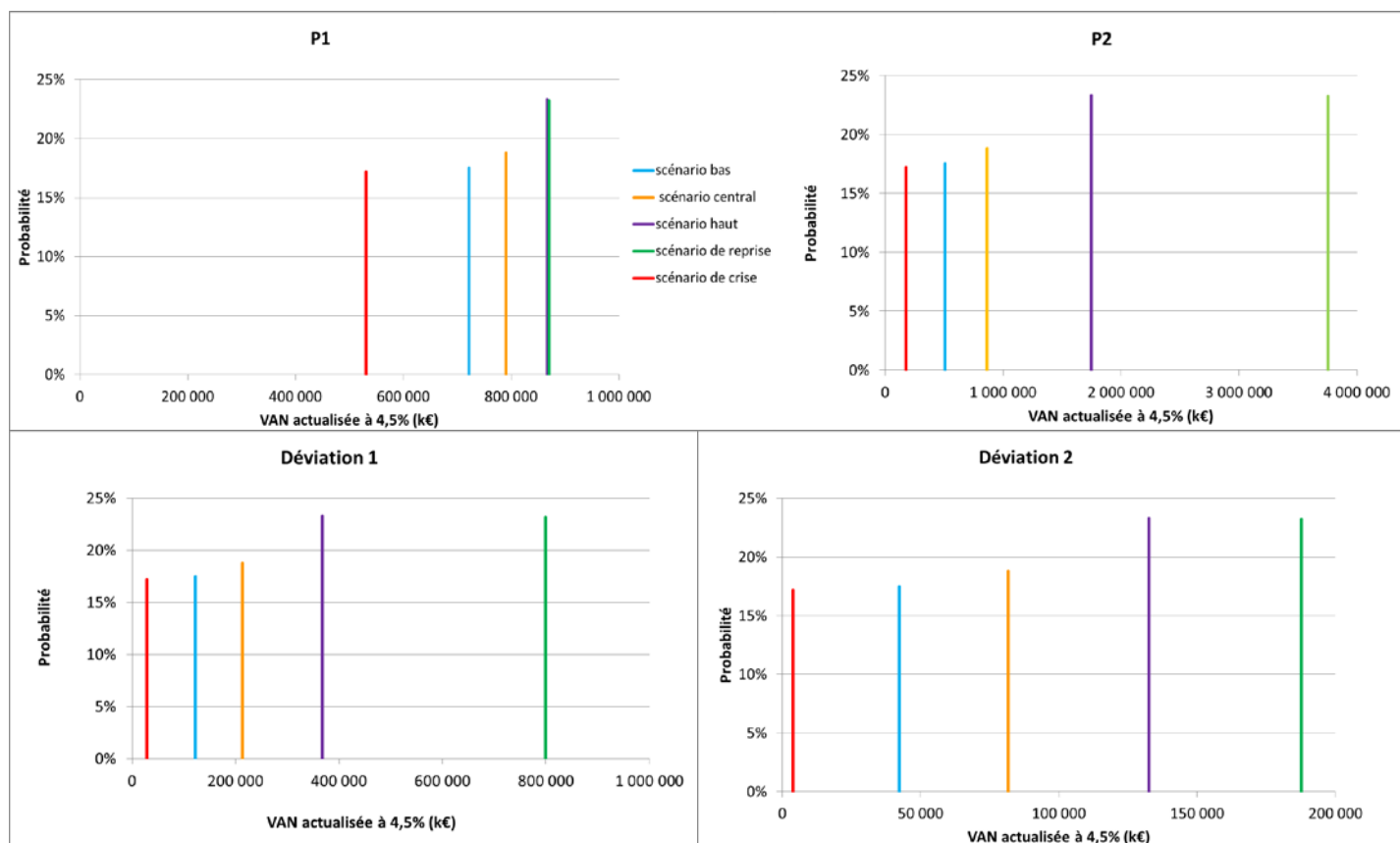
Scénario	Probabilité
Crise	17.20%
Bas	17.50%
Central	18.80%
Haut	23.30%
Reprise	23.20%



⁶ Tome 2 du rapport de la mission présidée par Emile Quinet [2], contribution du SÉTRA : Prise en compte du risque dans l'évaluation des projets de transports, septembre 2013.

4.2 - Résultats des tests sur des projets routiers⁷

Les graphiques ci-dessous donnent la distribution des VAN pour les quatre projets considérés dans le cas où cinq scénarios sont pris en compte.



Le tableau suivant montre que les VAN calculées sur la base de cinq scénarios sont très proches de celles obtenues par le calcul avec trois scénarios.

	P1	P2	Déviation 1	Déviation 2
Différence relative des VAN risquées obtenues avec 5 scénarios et 3 scénarios	-0.56%	-0.01%	-2.7%	-0.4%

Sur les quatre projets routiers testés, la différence de résultats avec 3 ou 5 scénarios est inférieure à 5%. L'utilisation de 3 scénarios semble donc suffisante.

Un modèle d'affectation de trafic (avec affectations tous les 5 ans, en options de référence et de projet) met quelques dizaines de minutes à quelques heures à tourner (environ 10 minutes pour la déviation 1 et 7 heures pour le projet P1 par exemple)⁸. Le temps de calcul du bilan socio-économique est du même ordre de grandeur. Le coût de l'ajout de scénarios est donc élevé en termes de temps de calcul.

⁷ NB : les échelles ne sont pas les mêmes sur les 4 graphiques ci-dessous.

⁸ Les temps de calcul sont donnés à titre indicatif et correspondent au temps total de calcul avec 10 affectations (une affectation tous les 5 ans), en référence et en projet.

5 - Conclusion

Les tests menés sur des projets routiers dans ce rapport confirment la faisabilité, sous réserve de scénarios de PIB, de la méthode par scénarios sur des projets de transport. Ils montrent que les projets routiers, même de type identique, peuvent présenter des sensibilités au PIB très variées. La prise en compte du risque par la méthode par scénarios permet d'intégrer 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 des scénarios macro-économiques et des probabilités qui leurs sont associées, choix qui est implicite dans la méthode des bêtas. Enfin, afin de ne pas augmenter les temps de calcul inutilement, des tests ont été effectués pour évaluer la sensibilité du résultat au nombre de scénarios. Il semble que 3 scénarios contrastés donnent une précision suffisante au calcul.

Des approfondissements restent à conduire, notamment sur

- le choix de scénarios dans le cadre de comparaison de projets. Il s'agit de creuser la question de la date à laquelle démarrent les scénarios et la conséquence de ce choix des dates optimales de mise en service ;
- le calcul de la date optimale de mise en service dans un cadre risqué ;
- l'application de la règle de Hotelling pour le taux de croissance du coût de la tonne de CO₂ dans un cadre risqué.

6 - Bibliographie

- [1] Prise en compte du risque dans le calcul économique, Rapport d'études, Sétra, 2012 ;
- [2] Commissariat Général à la stratégie et à la Prospective, 2013, L'évaluation socio-économique des investissements publics, Rapport de la mission présidée par Emile Quinet.
- [3] Les outils d'évaluation des projets routiers – d'Ariane à TransCAD. Rapport d'études, Sétra, 2010.
- [4] DAEI-SESP, 2007, La demande de transport en 2025 - Projections des tendances et des inflexions - note de mise à jour mai 2007.
- [5] Centre d'analyse stratégique, Rapport du groupe de travail présidé par Christian Gollier, Le calcul du risque dans les investissements publics, 2011.
- [6] Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures. Comité des directeurs transport (mis à jour en 2005), MEDDTL, 2004.
- [7] Commissariat Général du Plan, Révision du taux d'actualisation des investissements publics, Rapport de la mission présidée par Daniel Lebègue, 2005.
- [8] Actualisation : prise en compte du temps dans un environnement risqué dans *Calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Predit, Economica, GOLLIER C, 2007.
- [9] Déterminants économiques conjoncturels et structurels du trafic, Rapport d'études, Sétra, 2014.

Résumé

Dans le cadre des travaux de la Commission présidée par le professeur Emile Quinet sur l'évaluation socio-économique des projets, l'accent a été mis sur le besoin de mieux prendre en compte le risque dit « systémique » dans l'évaluation des projets. Ce risque systémique traduit, schématiquement, la corrélation entre les bénéfices attendus du projet, et la richesse nationale (PIB).

Le rapport de la Commission Quinet a, en particulier insisté, sur le besoin de prendre en compte le caractère spécifique au projet considéré, du risque systémique.

Ce rapport explore, sur le cas de projets routiers, la mise en œuvre de cette recommandation.

La méthode utilisée dans ce rapport consiste, de façon simplifiée, à calculer la valeur actuelle nette du projet à partir de scénarii macroéconomiques probabilisés. La corrélation de cette valeur nette actualisée avec le PIB fournit alors une estimation du risque systémique.

Après un rappel sur le cadre théorique et les notions nécessaires au calcul socio-économique en situation de risque, le rapport présente des applications numériques sur quatre projets de transport routier ainsi que sur des variantes de ces projets.

Les résultats confirment la forte sensibilité des calculs aux spécificités des projets.

Il est important de souligner que les travaux présentés dans ce document sont de nature essentiellement scientifique et calculatoire. Ils n'engagent pas la position du Ministère sur la valeur du taux d'actualisation ni plus généralement sur la méthode de prise en compte du risque dans les évaluations de projet.

Sur le même thème

Evaluation des projets de transports - Enseignements et pistes ouverts par le rapport Quinet sur l'évaluation socio-économique des investissements publics, Sétra, 2014.

Valise pédagogique – calcul socio-économique, Sétra, 2012.

Prise en compte du risque dans le calcul économique, Sétra, 2012.

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Document consultable et téléchargeable sur le site <http://www.Sétra.developpement-durable.gouv.fr>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable de l'auteur devra être demandé.
Référence : 1403w – ISRN : CEREMA-DTécITM-2014-003-1

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Direction technique infrastructures de transport et matériaux - 110 rue de Paris, 77171 Sourdun - Tél. : +33 (0)1 60 52 31 31

Siège social : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public - Siret 130 018 310 00016 - www.cerema.fr