Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREMIER MINISTRE

Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective

RAPPORTS & DOCUMENTS

SEPT.
2013

ÉVALUATION SOCIOÉCONOMIQUE DES INVESTISSEMENTS PUBLICS

Rapport de la mission présidée par **Émile Quinet**

www.strategie.gouv.fr

L'évaluation socioéconomique des investissements publics

Tome 1
Rapport final

Président
Émile Quinet

Rapporteur général
Luc Baumstark

Rapporteurs
Julien Bonnet, Aurélien Croq, Géraldine Ducos,
David Meunier, Aude Rigard-Cerison, Quentin Roquigny

Coordinateurs
Dominique Auverlot
Aude Rigard-Cerison

Avec le soutien du SETRA
Charlotte Coupé, Hélène Le Maître, Xavier Delache

Septembre 2013

Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective

Avant-propos

Jean Pisani-Ferry
Commissaire général
à la stratégie
et à la prospective

Dans un contexte de rareté durable de la ressource budgétaire, il est indispensable de rationaliser les dépenses publiques, qu'elles soient de fonctionnement ou d'investissement.

La loi de programmation pluriannuelle des finances publiques du 31 décembre 2012 a instauré, pour tous les projets d'investissements civils financés par l'État, ses établissements publics, les établissements publics de santé ou les structures de coopération sanitaire, une exigence d'évaluation socioéconomique préalable. En chiffrant les coûts et les avantages que peuvent induire les investissements publics, l'évaluation socioéconomique apporte en effet un éclairage essentiel aux décideurs publics. Elle permet de mesurer la rentabilité d'un investissement pour la société dans son ensemble. Elle intègre, au-delà des aspects financiers, des préoccupations relatives à l'environnement, au bien-être, à la soutenabilité.

La rédaction en juin dernier du rapport relatif au schéma national de mobilité durable, par la commission présidée par Philippe Duron et Louis Nègre, montre la nécessité d'établir des priorités parmi l'ensemble des projets possibles : l'éclairage du calcul socioéconomique qui permet d'établir de façon objective l'intérêt pour la collectivité de réaliser chacun d'entre eux est ici irremplaçable.

Pour apporter cet éclairage, il est important de disposer d'un cadre méthodologique commun. Dans les années 1960, Pierre Massé, alors Commissaire général du Plan, avait, le premier, fixé après discussion avec Edmond Malinvaud et Marcel Boiteux, la valeur de ce qu'il appelait le taux d'intérêt implicite de l'économie : il en était fier. Cette notion, que nous appelons actuellement le taux d'actualisation, traduit le prix relatif que nous attachons au présent et fixe la limite que nous sommes prêts à consentir pour l'avenir. Ce taux permet ainsi de comparer des valeurs économiques qui s'échelonnent dans le temps.

Plus récemment, les rapports des commissions présidées par Marcel Boiteux (1994 et 2001) ont défini la méthodologie d'évaluation socioéconomique dans le secteur des transports. Par la suite, plusieurs travaux effectués d'abord pour le Commissariat général du Plan, puis pour le Centre d'analyse stratégique, sont venus approfondir cette démarche : le rapport Lebègue en 2005 a précisé la valeur du taux d'actualisation. Alors qu'auparavant le taux d'actualisation traduisait l'aversion globale du décideur aux investissements publics, ce rapport a souligné en outre que le bénéfice de chaque projet variait selon l'évolution de la croissance économique. Les auteurs recommandaient donc que chaque projet fasse l'objet de son propre calcul de risque.

En 2008, le rapport rédigé sous la présidence d'Alain Quinet a fixé la trajectoire de la valeur tutélaire du carbone nécessaire au respect de la division par quatre des émissions européennes de CO_2 à 2050. Le rapport Chevassus-au-Louis, en 2009, a réalisé une première approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Enfin, en 2011, les travaux menés sous la direction de Christian Gollier ont permis de préciser les méthodologies de calcul des risques liés à un projet.

Le présent rapport se situe dans cette longue lignée de réflexions qui, fondées sur l'usage du calcul économique, l'ont progressivement adapté et enrichi. Ce nouvel opus actualise et enrichit les valeurs de référence nécessaires au calcul. Grâce aux avancées de la science économique, il propose également d'étendre l'évaluation dans un certain nombre de directions non encore abordées. Il fournit ainsi des recommandations sur la manière de prendre en compte les effets de la concurrence imparfaite et les conséquences des investissements sur le pouvoir de marché. Il donne des outils pour apprécier l'influence des projets sur la répartition spatiale des activités, et les évolutions de productivité qui en résultent, notamment à travers les externalités d'agglomération. Il porte l'attention sur les conséquences des investissements sur les agrégats macroéconomiques, le PIB et l'emploi, grâce à l'utilisation de modèles macroéconomiques. Il donne des outils pour mesurer les effets de redistribution et d'équité des investissements, à la fois en termes territoriaux et sociaux. Il fournit des pistes pour appliquer le calcul socioéconomique à l'ensemble des investissements publics au-delà du domaine des transports, où il est déjà largement utilisé. Il donne des exemples d'application dans l'énergie, la santé, la prévention des risques naturels, en mettant l'accent sur la nécessité de disposer des données adaptées.

Dans le prolongement du rapport Gollier, le rapport fournit les outils opérationnels permettant la prise en compte du risque, qui est une composante de plus en plus prégnante de la décision publique. Il insiste d'abord sur les moyens de lutter contre le biais d'optimisme qui frappe de nombreux projets. Mais la rentabilité d'un projet dépendant souvent de la croissance économique, il convient également de prendre en compte l'incertitude qui pèse sur ce paramètre. On peut s'en faire une première idée en appréciant la manière dont se comporte le projet et ses avantages dans diverses configurations d'évolution économique. On peut aussi, et c'est la méthode privilégiée par le rapport, le faire en appréhendant les corrélations entre le risque spécifique à un projet et les risques macroéconomiques et en ajustant en conséquence la valorisation du projet, autrement dit en y ajoutant une prime de risque, positive ou négative. De manière intuitive, il convient de favoriser les projets qui réduisent l'exposition au risque de la collectivité et de pénaliser au contraire ceux qui accentuent la volatilité. Pour cela, il convient de moduler, dans les évaluations, l'espérance des coûts et des bénéfices par une prime de risque spécifique.

La prime de risque d'un projet peut être ainsi vue comme le supplément de rentabilité espérée nécessaire pour compenser le risque collectif que le projet induit. Elle peut être appréciée dans le calcul socioéconomique public par une méthode, dite du bêta socioéconomique, proche de celle qui est d'usage courant dans les stratégies d'investissement financier. Celle-ci conduit à moduler le taux d'actualisation, dit sans risque, en lui ajoutant un produit de deux termes, la prime de risque collective et le bêta socioéconomique de chaque projet :

– la « prime de risque collective » (indépendante du projet) renvoie à l'aversion relative de la collectivité pour ce risque. Elle mesure l'exigence de rendement supplémentaire attendu par la collectivité pour un investissement dont les bénéfices sont affectés du même aléa que le PIB par habitant ;
– le « bêta » socioéconomique d'un projet mesure la sensibilité des bénéfices socioéconomiques de ce projet aux variations du PIB/habitant. Par définition, le bénéfice net du projet augmente en moyenne de ß % quand la croissance économique augmente de 1 %.

Cette modulation peut être *in fine* un bonus si le projet concourt à la résilience de l'économie dans les scénarios les plus défavorables.

Le taux sans risque, la prime de risque collective et le « bêta » associé au projet ne doivent pas être tirés de la seule observation mécanique des marchés financiers. Ils doivent être définis, secteur par secteur, catégorie de projets par catégorie de projets, à partir des données macroéconomiques sur la richesse collective, intégrant diverses externalités positives et négatives importantes pour la collectivité et qui ne sont pas prises en compte dans le calcul financier par les entreprises. Le rapport, et c'est l'un de ses apports originaux, fournit les moyens et procédures pour mener à bien de tels calculs.

Enfin le rapport préconise des mesures pour faire en sorte que le calcul socio-économique joue un rôle plus important dans l'information des décideurs et contribue davantage à éclairer les décisions : certification des procédures par lesquelles on arrive aux résultats, plus large éventail dans la comparaison des variantes, transparence dans la détermination des avantages et des coûts des projets, plus grande lisibilité dans leur présentation.

Le développement des modèles de trafic dans le domaine du transport en est un exemple : ces modèles, au fil du temps, sont devenus de plus en plus complexes. Le détail de leur fonctionnement est très difficile à connaître, ce qui les rend considérablement opaques. Le rapport préconise de faire évaluer les modèles les plus couramment utilisés par une expertise extérieure indépendante. En effet, dans un univers où les parties prenantes sont de plus en plus exigeantes, il est nécessaire de pouvoir assurer la robustesse et l'exactitude des résultats que ces modèles fournissent.

Parmi les nombreuses recommandations, je voudrais en retenir quelques-unes d'ordre général qu'il apparaît important de mettre en œuvre.

L'utilisation dans le calcul socioéconomique des différentes méthodes et valeurs prescrites ici me semble souhaitable. Dans la tradition de Pierre Massé, le rapport recommande en particulier d'utiliser un taux d'actualisation sans risque de 2,5 % et une prime de risque de 2 %. Il souligne également l'intérêt de réaliser, dans un

premier temps, un calcul de sensibilité avec un taux d'actualisation unique de 4,5 %, afin de permettre une comparaison de la nouvelle approche avec l'ancienne.

La gouvernance du calcul socioéconomique mérite également d'être améliorée :

- par la constitution d'un comité d'experts chargé d'examiner la qualité des évaluations correspondantes et de coordonner les recherches en matière d'évaluation socioéconomique ;
- par l'engagement d'un programme de recherche à moyen et long termes permettant d'améliorer les méthodes de l'évaluation socioéconomique des investissements publics.

Alors que la crise économique plaide pour un recours accru au calcul socio-économique, son usage reste aujourd'hui limité. Il n'est systématique que dans le secteur des transports. La santé ne l'utilise que pour quelques cas particuliers et le secteur de l'énergie, qui doit absolument optimiser les investissements considérables nécessaires à la réalisation de la transition énergétique, en a quasiment oublié les principes.

Le calcul socioéconomique est certes imparfait : il ne rend pas compte de toute la valeur de la biodiversité, il ne donne pas non plus suffisamment de poids à l'innovation. Son utilisation pour l'ensemble des investissements publics (État, collectivités territoriales, établissements publics) est cependant nécessaire et urgente. Il faut ainsi souhaiter que les recommandations préconisées ici soient rapidement mises en œuvre et que leur usage s'étende à tous les secteurs où la puissance publique effectue des choix d'investissement ou guide ceux des acteurs décentralisés.

Je souhaite vivement remercier toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de ce rapport : le président de la commission, Émile Quinet, le rapporteur général, Luc Baumstark, les coordinateurs, Dominique Auverlot et Aude Rigard-Cerison, l'ensemble des rapporteurs qui se sont investis dans ces travaux, Julien Bonnet, Aurélien Croq, Géraldine Ducos, David Meunier et Quentin Roquigny, et enfin les membres de la commission et les nombreux experts qui par leurs réflexions ont contribué à enrichir les travaux de la commission.

Table des matières

Résumé 11
Synthèse introductive 19
Principales recommandations opérationnelles 39

Chapitre 1 – Problématique commune à tous les secteurs 49

1. Le scénario de référence 50
   1.1. La nécessité d'un scénario de référence 50
   1.2. Que doit comporter un scénario de référence ? 51
   1.3. Esquisse d'un exercice sectoriel de scénario de référence : le cas des transports 52
   1.4. Constat et recommandations 54
2. Le calcul des surplus 55
   2.1. Introduction intuitive aux calculs de surplus 55
   2.2. L'approche par les fonctions d'utilité utilisées dans les modèles de demande 58
   2.3. L'utilisation des valeurs de référence pour le calcul de surplus 58
   2.4. Extensions 59
3. Le risque et le système d'actualisation 60
   3.1. Le rapport Lebègue : le taux d'actualisation dans le cadre d'une prise en compte du risque 61
   3.2. Le rapport Gollier : l'intégration systématique du risque dans les évaluations socioéconomiques 64
   3.3. Le traitement du risque diversifiable et la question particulière du biais d'optimisme 65
   3.4. Le risque systémique et le taux d'actualisation : calibrage cohérent du taux sans risque et de la prime de risque 69
   3.5. La révision et le calibrage du système d'actualisation proposés : taux sans risque et prime de risque 72
4. Les conséquences du nouveau système d'actualisation pour l'éligibilité des projets 83
   4.1. Éligibilité des investissements et date de réalisation 84
   4.2. Décisions séquentielles dans l'énergie 88

5. Le coût des fonds publics et les indicateurs de choix en situation de pénurie financière 90
5.1. Le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) : un concept bien établi mais peu d'estimations empiriques propres à la France 91
5.2. Le recours possible à un coût-fictif de rareté des fonds publics, en cas d'enveloppe budgétaire insuffisante 93
6. Récapitulation des critères de choix 98
7. Le calcul économique et les modalités de commande publique 100
8. La valeur statistique de la vie humaine 103
8.1. Le référentiel : enjeux et méthodes 103
8.2. Les propositions du rapport Boiteux 104
8.3. Les perspectives ouvertes par les nouvelles études européennes 104
8.4. Proposition pour la valeur de la vie humaine 105
8.5. Prendre en compte la qualité de la vie 107
9. La valeur du carbone 109
9.1. Les principaux éléments du calibrage de 2008 élaboré par la commission Alain Quinet 110
9.2. Comment envisager la révision 2013 118

Chapitre 2 – Les infrastructures de transport 125

CONSTAT 126
1. Les expériences étrangères 126
2. Le retour d'expérience en France 129
2.1. L'évaluation socioéconomique et les circulaires d'application 129
2.2. Les outils méthodologiques 129
2.3. Les enseignements des études *ex-post* 130
2.4. La gouvernance de l'évaluation 131
3. Le calcul socioéconomique dans la décision publique 132
3.1. Le débat public 133
3.2. L'évaluation socioéconomique dans le dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP) 135
3.3. Les enrichissements possibles de l'évaluation socioéconomique 137
3.4. Conclusion 139
3.5. Recommandations 140

MISE À JOUR DU CALCUL TRADITIONNEL 141
4. La prévision de la demande et les modèles 141
4.1. Assurer la solidité des principes à la base des modèles 142
4.2. Évaluer le degré de robustesse des modèles 144
4.3. Améliorer les données d'entrée 144
4.4. Assurer la confiance dans les modèles par une gouvernance adaptée 144

5. La valeur du temps 146
5.1. Les nouvelles valeurs du temps « de référence » pour les usagers 146
5.2. Les valeurs du temps « de référence » en milieu urbain 147
5.3. Les valeurs du temps « de référence » en milieu interurbain 147
5.4. Les valeurs du temps d'attente, de marche en pré-/post-acheminement, et de correspondance 148
5.5. Piste de recherche : distinguer effet distance et effet durée des déplacements 149

6. La fiabilité et le confort 153
6.1. La valorisation du confort et de la fiabilité du temps de transport par les usagers 153
6.2. Le confort durant le trajet 153
6.3. La fiabilité du temps de transport 156
6.4. Valeur de l'information 160
6.5. Approfondir la notion de déshorage 161

7. Le cas particulier des marchandises 161
7.1. La notion de valeur du temps marchandises 161
7.2. Les valeurs du temps « de référence » pour les marchandises 162

8. Les coûts d'environnement 163
8.1. Pollution atmosphérique 164
8.2. Les effets amont-aval 173
8.3. Ressources rares 176

9. La prise en compte du coût des nuisances sonores 181

ENRICHISSEMENT DU CALCUL TRADITIONNEL 186

10. Concurrence imparfaite 187
10.1. Au sein du secteur des transports 187
10.2. En aval des transports 188

11. Les effets spatiaux 189
11.1. En agglomération 189
11.2. Les investissements intercités 191

12. Les effets macroéconomiques 192
12.1. Les apports des modèles 193
12.2. Les effets macroéconomiques des investissements en infrastructure de transport sur la croissance et le développement territorial 195
12.3. Les effets macroéconomiques des investissements sur l'emploi 196

13. Les effets redistributifs 197
13.1. Les éléments de base 198
13.2. Indicateurs chiffrés 198
13.3. Méthodes cartographiques 199
13.4. Le cas des zones sensibles et poches de pauvreté 200

Chapitre 3 – L'évaluation socioéconomique dans les secteurs autres que le transport 203

1. Le secteur de l'énergie 203
1.1. Le calcul économique, instrument de cohérence indispensable dans un contexte énergétique complexe et incertain 203
1.2. Qui doit (ou devrait) en faire ? Pourquoi ? Comment ? 206
1.3. Heurs et malheurs des marchés 211
1.4. Développement des réseaux et calcul économique 218
1.5. Évaluations économiques concernant le parc de production électrique 225

2. Le domaine des inondations 230
2.1. Introduction 230
2.2. Historique et contexte 232
2.3. Les projets de prévention des inondations 233
2.4. Extensions en cours 239
2.5. Des indicateurs non monétaires s'ajoutent à l'analyse coûts-bénéfices « traditionnelle » 239
2.6. Évolutions et recommandations 240

3. Le secteur de la santé 244
3.1. La spécificité du « bien santé » 244
3.2. Quelques pratiques internationales et rôle pionnier de l'expérience britannique 247
3.3. L'apport pour le secteur de la santé en France 249
3.4. Au sein des établissements de santé 256
3.5. Conclusions et recommandations : organiser le recours croissant au calcul économique 258

ANNEXES

Annexe 1 – Lettre de mission 265
Annexe 2 – Composition de la mission 267
Annexe 3 – Intervenants 273
Annexe 4 – Remarques des membres de la mission 277
Annexe 5 – Liste des contributions du tome 2 323
Annexe 6 – Glossaire 327
Annexe 7 – Bibliographie 333

Résumé

1. Utilité de l'évaluation socioéconomique

Les dépenses publiques d'investissement représentent environ 15 % des investissements totaux de notre pays. Elles concernent des secteurs aussi essentiels pour le développement de notre société que les transports, l'énergie, la santé ou l'éducation. Ces investissements façonneront sur le long terme, parfois pour plusieurs siècles, l'aspect de notre pays, la qualité de son environnement, sa capacité à affronter les défis futurs. C'est dire combien les décisions doivent être prises de la façon la plus éclairée possible, en évaluant au mieux les avantages qu'ils vont procurer et les coûts qu'ils vont engendrer, d'autant que leur financement repose en large partie sur l'épargne publique nationale, ressource rare en général et encore plus dans la période actuelle. Ce n'est donc pas sans raison que l'État s'est préoccupé depuis longtemps d'élaborer et de mettre régulièrement à jour les méthodes permettant d'assurer ces évaluations.

La commission qui a réalisé les travaux présentés ici se situe dans la lignée d'une longue tradition, initiée par les rapports établis par Marcel Boiteux en 1994 et 2001[1]. Ces rapports ont fixé la doctrine générale et ont permis des avancées sur des sujets particuliers : le taux d'actualisation, la prise en compte du risque, la valeur tutélaire du carbone.

Les principes sur lesquels elle s'appuie sont simples et de construction ancienne *(voir encadré suivant)*. Ils consistent à jauger les conséquences de chaque projet sur l'ensemble de la collectivité nationale, en évaluant les gains de productivité ou de capacité de production apportés aux entreprises ainsi que les suppléments de consommation marchande et les améliorations de qualité de vie procurés aux citoyens, et en permettant de comparer ces effets aux coûts de l'investissement.

(1) Boiteux M. (1994), *Transports : pour un meilleur choix des investissements*, Commissariat général du Plan ; Boiteux M. (2001), *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*, Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française.

Les principes de l'évaluation socioéconomique des projets

L'évaluation socioéconomique des projets (ESE) a pour objet d'apprécier l'intérêt de chaque projet pour l'ensemble de la collectivité nationale et de permettre de hiérarchiser les différents projets en vue de leur réalisation. Pour cela, il faut d'abord recenser les agents de la collectivité nationale concernés. Il faut ensuite analyser les conséquences du projet pour chacune des catégories ainsi mises en évidence, puis évaluer ces conséquences en termes monétaires. Il faut enfin faire la balance entre les conséquences positives et les conséquences négatives.

Les catégories d'agents les plus fréquemment rencontrées sont l'État, qui finance tout ou partie des dépenses d'investissement et perçoit impôts et taxes ; les entreprises, qui à la suite de l'investissement voient leurs coûts se réduire ou leurs capacités de production augmenter ; les individus consommateurs, pour lesquels l'investissement entraînera une baisse des prix des produits qu'ils consomment, ou une augmentation de leur revenu (dans le cas par exemple d'un investissement dans l'éducation), ou encore une amélioration de leur qualité de vie (par exemple dans le cas d'un effet sur l'environnement).

Il faut ensuite estimer les impacts que ces agents subissent ou dont ils bénéficient en termes quantitatifs ; ainsi les effets sur l'environnement se mesureront en quantité de polluants ou de bruits émis. En matière de santé, les effets se traduiront en nombre de malades guéris et d'années de vie gagnées.

Puis vient la phase de monétarisation. Lorsqu'on est en présence de biens marchands, les statistiques peuvent fournir un prix, celui qui est constaté sur le marché. Mais ce prix ne correspond pas forcément au coût réel du bien pour l'ensemble de la collectivité. Considérons par exemple un bien proposé sur le marché à un prix de 100. Si l'investissement permet d'augmenter à coûts constants la production de ce bien d'une unité, mais sous réserve d'une subvention publique de 40, la consommation d'une unité supplémentaire procurera un avantage, non pas de 100, mais de 100 – 40 = 60. Il peut y avoir une différence entre les prix de marché (externalités positives ou négatives) et le coût pour la collectivité, et c'est bien sûr ce dernier qu'il faut prendre en compte. Les investissements ont également des effets qui ne passent pas par le marché, par exemple les effets sur l'environnement, pour lesquels il n'existe pas de prix ; on est alors obligé de calculer leur coût ou leur valeur. Différentes méthodes générales existent pour évaluer les effets sur l'environnement ; elles visent toutes à apprécier, pour les agents qui subissent les effets en question, ce qu'ils seraient prêts à payer pour ne pas les subir.

Ainsi, l'évaluation des avantages revient à déterminer pour les entreprises les gains de productivité et de compétitivité ou l'augmentation des capacités qui leur sont rendus possibles par l'investissement, et pour les consommateurs les augmentations de consommation et de bien-être qui résultent de sa réalisation.

Reste maintenant à combiner ces avantages et ces coûts pour en tirer des critères d'évaluation des projets. Or les investissements ont la caractéristique d'avoir des coûts et des avantages étalés dans le temps : en gros, le projet coûte au début pour sa construction, puis rapporte tout au long de sa durée de vie. Il faut donc comparer des avantages et des coûts qui prennent place à des époques différentes, et c'est là qu'intervient le taux d'actualisation, qui permet de ramener à une même date des euros dépensés ou gagnés à des années différentes. Le taux d'actualisation a donc un rôle central, dans la mesure où il fait l'arbitrage entre le présent et le futur : un taux élevé donne un faible poids au futur, un taux bas signifie que nous nous préoccupons davantage des générations futures.

La phase de monétarisation est la plus problématique. Une opinion parfois émise est que les prix du marché ou les calculs de disponibilités à payer utilisés dans l'ESE ne rendent pas compte de préoccupations de justice ou de considérations éthiques sur la valeur respective des différents biens. L'économiste n'a pas à entrer dans des débats de nature

politique ou philosophique. On fera simplement remarquer que modifier les prix de marché du système productif peut entraîner des distorsions dont les conséquences sont difficilement prévisibles et risquent souvent d'aller à l'inverse de l'objectif qu'on s'était fixé. Par exemple, si on a des préoccupations de justice, il y a d'autres moyens de les satisfaire, comme la politique fiscale. De toute façon, disposer de l'information sur les consentements à payer est utile, ne serait-ce que pour évaluer la distorsion entre l'équilibre naturel et les valeurs tutélaires qu'on peut vouloir imposer. Cela posé, lorsqu'il y a des effets dont l'estimation qualitative ou quantitative est solide, mais auxquels, pour des raisons éthiques ou techniques, on ne peut ou ne veut pas donner de valeur monétaire, il serait fautif de ne pas les porter à la connaissance des décideurs ; c'est ce que fait le rapport pour les effets spatiaux, les conséquences macroéconomiques et les effets distributifs.

Ces principes ne peuvent que rencontrer l'adhésion, mais tout l'enjeu est dans leur mise en œuvre, qui n'a pas été à la hauteur des intentions. Les évaluations, effectuées par des opérateurs de plus en plus diversifiés, se sont développées avec des méthodologies divergentes rendant les comparaisons entre projets hasardeuses ; les perfectionnements de ces méthodologies, souhaitables en eux-mêmes, ont conduit à des procédures de plus en plus complexes pour lesquelles les efforts d'explication et de transparence n'ont pas été faits ; enfin, certains acquis récents de l'analyse économique, notamment en termes d'économie industrielle, de macroéconomie et d'économie spatiale, n'ont pas été intégrés. Au total, on arrive à la mise en œuvre de procédures complexes et par certains côtés obsolètes, insuffisamment expliquées et n'emportant pas l'adhésion des décideurs, ne répondant pas aux questions qu'ils se posent. En outre, les domaines où ces évaluations sont appliquées se sont réduits ; aujourd'hui, elles ne sont utilisées de façon systématique que pour les transports. Il ne faut pas s'étonner dans ces conditions que les calculs économiques aient peu de poids dans les décisions d'investissement public.

Le rapport est parti de ce constat, et les recommandations qu'il contient constituent un ensemble de mesures destinées à remédier à ces lacunes. Les changements et nouveautés qu'il préconise portent à la fois sur les techniques d'évaluation et sur la gouvernance, c'est-à-dire sur leur insertion dans les processus de décision.

2. Les recommandations d'ordre technique

Au plan technique, le rapport émet quatre recommandations.

Augmenter sensiblement les valeurs des aménités

Dans le cadre de la mise à jour générale des valeurs unitaires à laquelle a procédé le rapport, les aménités ont vu leur poids considérablement augmenté. Ainsi la **valeur statistique de la vie**, ce paramètre qui intervient lorsqu'on doit évaluer l'intérêt de mesures qui réduisent le risque de décès par accident, est augmentée de près de 100 % par rapport aux valeurs antérieures. De même, les coûts de la **pollution atmosphérique** sont accrus d'environ 50 % ainsi que ceux des **nuisances sonores**. De façon similaire, la **valeur tutélaire du carbone** croît plus fortement dans le temps. Enfin, le rapport se penche sur la manière de prendre en compte la **biodiversité** et recommande que, compte tenu des difficultés pour évaluer les conséquences de sa réduction, on l'intègre sous la forme du coût de son maintien au niveau actuel.

Élargir le champ des effets pris en compte

Cet élargissement est préconisé dans plusieurs directions. La première concerne l'effet des investissements sur **le degré de concurrence des marchés** : de nombreux investissements – de transport en particulier – ont pour conséquence de réduire les pouvoirs de marché et d'intensifier la concurrence, pour le plus grand bénéfice des consommateurs qui dans les prix qu'ils paient voient décroître les rentes de situation. La deuxième concerne les **externalités positives**, telles les **externalités d'agglomération**, qui conduisent à une plus grande efficacité du système productif ; on doit souhaiter que ce genre d'externalités puisse être pris en compte dans l'évaluation des investissements éducatifs. Les effets des investissements publics sur **la croissance économique et sur l'emploi** ont également grand intérêt pour les décideurs. Le rapport fournit des indications, à caractère plutôt qualitatif, sur le sujet, et contribue surtout à expliquer que ces effets sont limités dans le temps – étant essentiellement liés à la construction des infrastructures – et dans l'espace – autour de la localisation géographique de ces infrastructures. Enfin, le rapport fournit quelques indications sur la manière de prendre en compte les effets distributifs des investissements, en concentrant son attention sur l'impact dans les poches de chômage et de pauvreté.

Intégrer systématiquement les incertitudes

Le rapport Gollier (2011)[1] avait défini les principes de prise en compte du risque, mais n'avait guère fait l'objet de mise en œuvre. Le présent rapport fournit les outils pratiques permettant cette mise en œuvre. Nous devons lutter contre **le biais d'optimisme**, ce fléau qui gangrène les évaluations de projets, même si nous y sommes moins sujets que nombre de pays. Le rapport propose plusieurs moyens de le faire, qui reposent sur l'expertise et sur les enseignements des expériences passées. Nous devons aussi arriver à mieux **appréhender les risques courants**, ceux qui résultent de l'imperfection des méthodes de prévision, de la mauvaise qualité des données, et des incertitudes sur les variables exogènes (par exemple les prévisions de croissance économique, ou les évolutions de certains prix directeurs tels que le prix du pétrole). Les méthodes de scénarios utilisées largement par les opérateurs privés dans leurs études financières doivent être transposées au cas de l'évaluation socioéconomique. Enfin le **risque systémique**, celui qui résulte des liens plus ou moins forts entre les avantages d'un investissement et la croissance économique, doit être soigneusement pris en compte, car il ne s'annule pas d'un projet à l'autre : les projets dont les avantages sont positivement corrélés avec la croissance amplifient les fluctuations, alors que les autres ont un effet stabilisateur et doivent être favorisés. Le rapport propose deux méthodes pour l'apprécier : la première, à appliquer à tous les projets, revient à transposer à l'analyse socioéconomique les méthodes utilisées en finance, en introduisant une **prime de risque** ; la seconde, qui permet d'éclairer plus finement le comportement des grands projets, procède par scénarios normés.

Placer l'évaluation des investissements dans les problématiques de long terme

Nous sommes dans la période actuelle au milieu ou à l'orée de nombreuses transitions de diverses natures qui portent sur l'écologie, le réchauffement planétaire, la biologie ou encore la révolution numérique. De ce fait il n'est plus possible, comme

(1) Gollier C. (2011), *Le calcul du risque dans les investissements publics*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.

cela pouvait être admissible dans le passé, d'extrapoler l'avenir en supposant que le développement se fera de façon homothétique. Il est nécessaire de mener une réflexion prospective d'ensemble sur ce que seront notre société et notre développement à long terme, à la fois en termes sociétaux et économiques. C'est dans ces **scénarios de référence** à long terme que doit s'inscrire l'évaluation des investissements car ils commandent l'évolution des avantages qu'on retirera de chaque projet individuel. Leur établissement rapide apparaît une condition essentielle de la qualité des choix de projets. Il est clair que pour l'établissement de ces scénarios, l'économie a son mot à dire, mais ne peut pas suffire. Corrélativement, il convient, dans de nombreux secteurs, **d'allonger l'horizon d'analyse**, souvent limité à un petit nombre de décennies, pour le faire coïncider ou au moins le rapprocher de la durée de vie des investissements en question, qui peut parfois atteindre un siècle. Cet allongement de l'horizon à considérer est d'autant plus nécessaire que toutes les analyses montrent que **le taux d'actualisation**, qui mesure le poids que nous donnons au futur par rapport au présent, doit être plus bas que ce qui était la norme dans le passé. Le rapport fournit les valeurs du taux sans risque qu'il recommande de retenir. Ce taux est de **2,5 % pour les prochaines années, et s'abaisse progressivement à 1,5 % dans le futur éloigné**.

3. Les recommandations concernant la gouvernance

Pour ce qui est de la gouvernance, les recommandations du rapport peuvent se ranger en trois catégories.

Fiabiliser les évaluations

Cette fiabilisation doit d'abord s'exercer sur la technique des calculs. Dans ce but, la commission recommande le développement de **contre-expertises indépendantes**, seules à même de vérifier la bonne exécution de procédures complexes et aux techniques sophistiquées. Dans le même ordre d'idées, lorsque, comme c'est souvent le cas, des modèles complexes sont utilisés, leur expertise et leur **certification** seraient une procédure utile, mettant en évidence leurs vertus et leurs limites ainsi que leurs domaines d'utilisation. Dans les situations les plus complexes ou lorsque des phénomènes sont à prendre en compte sur lesquels notre expérience est limitée, le **passage en parallèle de plusieurs modèles** peut constituer une procédure utile, permettant de réduire les incertitudes. La situation implique en outre des **efforts de communication** nouveaux. Ils n'ont pas été entrepris jusqu'ici, probablement parce que la communication était moins nécessaire lorsque la décision était essentiellement dans les mains d'un pouvoir central.

Améliorer l'insertion dans le processus de décision

Dans la mesure où les processus de décision font davantage appel à la concertation et au consensus, le calcul socioéconomique, s'il veut être entendu, doit être compréhensible. Il faut être capable de **traduire ses démarches en langage simple**. Cela représente un changement radical, un effort de communication d'autant plus important que les techniques utilisées dans le calcul socioéconomique deviennent de plus en plus sophistiquées. La communication proprement dite et encore plus la pédagogie sont des affaires de longue haleine, elles nécessitent des moyens importants. Mais l'enjeu est de taille, puisqu'il s'agit d'améliorer l'efficacité de nos

politiques publiques, notamment celles relatives aux investissements en infrastructures. Un des moyens de faciliter cette insertion est d'éviter l'effet « boîte noire » qui résulte en particulier de la présentation d'un chiffre unique, tel que le taux de rentabilité, pour caractériser l'évaluation socioéconomique d'un projet. Le rapport recommande de présenter une **décomposition détaillée des avantages et des coûts** qu'il implique, et fournit un modèle de fiche descriptive de projet qui répond à ce souci. Cette décomposition des effets devrait s'accompagner d'une **évaluation du degré de confiance** qu'on peut accorder à la détermination de chacun d'eux, même qualitativement et à dire d'expert. Enfin, il apparaît souhaitable que les décisions sur les investissements ne soient pas prises au coup par coup mais fassent l'objet d'une **programmation d'ensemble**, comprenant une hiérarchisation des projets, un calendrier de réalisation et une mise à jour périodique. Le rapport fournit les méthodes pour établir ces priorités.

Étendre le champ d'utilisation de l'analyse socioéconomique

D'une manière plus générale, le calcul socioéconomique est actuellement très limité dans son champ d'utilisation. Idéalement, il devrait permettre de comparer et interclasser tous les investissements publics. En fait, il est d'application réduite à un petit nombre de secteurs, essentiellement les transports et l'énergie, et là encore souvent restreint aux choix d'investissements, alors qu'il devrait pouvoir éclairer d'autres décisions réglementaires ou tarifaires. Il n'est actuellement présent que de façon très sporadique dans les autres secteurs. C'est négliger ses apports potentiels pour une meilleure décision publique. Indépendamment de **l'extension du calcul économique à d'autres secteurs**, une autre extension doit retenir l'attention : celle relative aux **choix de maintenance**. Notre pays se trouve doté d'un capital d'infrastructures publiques qui va croissant au fur et à mesure des investissements réalisés, et, compte tenu des contraintes financières auxquelles il est soumis, un arbitrage de plus en plus difficile se fait jour entre la création d'infrastructures nouvelles et le maintien en bon état de fonctionnement des infrastructures existantes. Faute d'analyse économique de la maintenance, faute de comptabilité patrimoniale des infrastructures publiques, on ne dispose pas d'outils objectifs permettant de savoir si la maintenance est effectuée à un niveau convenable, si la création d'infrastructures nouvelles ne s'accompagne pas de destruction du capital déjà existant, même si les avis d'experts donnent à penser qu'il en est ainsi dans de nombreux secteurs. Ces considérations plaident pour l'ouverture d'un chantier totalement nouveau, celui de l'analyse économique appliquée à l'entretien et à la conservation des infrastructures existantes.

4. Un point de départ et non un aboutissement

Les travaux de la commission doivent être considérés comme un point de départ et non comme un aboutissement. Il conviendra d'abord de **traduire en termes opérationnels pour les projeteurs les principes généraux** dont elle a posé les bases. Cette traduction devrait tenir compte à la fois du secteur ou sous-secteur, et de l'importance des projets à évaluer : ainsi les projets d'importance majeure ou ceux qui sont en fait des programmes constitués d'un ensemble de projets nécessitent une attention accrue et doivent faire l'objet de procédures particulières. Il conviendra aussi de **traduire ces principes en langage de tous les jours** débarrassé du jargon technique et accessible à l'opinion non spécialisée : c'est à la fois un moyen de

passer les techniques complexes au feu purificateur du bon sens, et une assurance que ces techniques seront comprises et fourniront la base d'un dialogue. Enfin, pour que l'analyse socioéconomique puisse progresser continûment, une observation des progrès des études et de la recherche devrait être mise en place, une analyse des retours d'expérience, ainsi qu'un **pilotage par l'aval des études et recherches** permettant de combler les lacunes que ces retours font apparaître.

Synthèse introductive

L'évaluation socioéconomique des investissements est une préoccupation permanente des pouvoirs publics. Inscrite depuis longtemps dans les textes législatifs pour certains secteurs[1], cette exigence a été très récemment élargie à l'ensemble des investissements publics civils par la loi de programmation pluriannuelle des finances publiques du 31 décembre 2012[2].

La France possède une longue tradition en ce domaine. À plusieurs reprises, sous l'égide du Commissariat général du Plan puis du Centre d'analyse stratégique et à présent du Commissariat général à la stratégie et à la prospective, des commissions se sont réunies pour définir et améliorer les procédures d'évaluation. Leurs conclusions ont ensuite été traduites en instructions et directives éditées par les administrations compétentes.

Pour ne prendre que la vingtaine d'années qui nous précèdent, on a d'abord vu, en 1994, une commission présidée par Marcel Boiteux fixer la doctrine qui ancre l'évaluation des projets dans le corps de doctrine du calcul économique, avec notamment cette affirmation toujours d'actualité selon laquelle « le calcul économique, malgré ses insuffisances, est encore ce qu'il y a de mieux pour évaluer des projets d'investissement ». Les principes correspondants ont été successivement appliqués à l'évaluation des effets sur l'environnement[3], à la fixation du taux d'actualisation[4], à la valeur collective du carbone[5], à la biodiversité[6] et à la prise en compte du risque[7].

(1) Pour les transports par exemple, par la Loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI).
(2) La loi de programmation pluriannuelle des finances publiques pour les années 2012 à 2017 stipule en effet en son article 17 que « les projets d'investissements civils financés par l'État, ses établissements publics, les établissements publics de santé ou les structures de coopération sanitaire font l'objet d'une évaluation socioéconomique préalable ». La loi précise de plus que « lorsque le montant total du projet et la part de financement apportée par ces personnes excèdent des seuils fixés par décret, cette évaluation est soumise à une contre-expertise indépendante préalable ». Ces évaluations et les contre-expertises correspondantes doivent être transmises au parlement par le Gouvernement.
(3) Rapport Boiteux I (1994), *Transports : pour un meilleur choix des investissements*, Commissariat général du Plan ; rapport Boiteux II (2001), *Transports : choix des investissements et coûts des nuisances*, Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française.
(4) Rapport Lebègue (2005), *Le prix du temps et la décision publique*, Commissariat général du Plan.
(5) Rapport A. Quinet (2008), *La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.
(6) Rapport Chevassus-au-Louis (2009), *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.
(7) Rapport Gollier (2011), *Le calcul du risque dans les investissements publics*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.

Le présent rapport se situe donc dans une longue lignée de réflexions qui, fondées sur l'usage du calcul économique, l'ont progressivement adapté et enrichi. Ses propositions répondent aux demandes de la lettre de mission instituant le groupe de travail. Elles portent sur la mise à jour des recommandations des rapports précédents, sur l'enrichissement possible de l'évaluation grâce aux avancées de la science économique dans des domaines tels que l'analyse spatiale, sur les problèmes de gouvernance de l'évaluation et sur l'extension du calcul socioéconomique au-delà de ses champs d'application traditionnels que sont les transports et l'énergie.

Ces propositions sont marquées par les grandes mutations que connaît notre économie : intensification de la mondialisation, émergence de nouveaux acteurs économiques, nécessité de s'engager dans la transition écologique et énergétique, interrogations sur les formes et les outils de l'intervention publique dans un cadre où la régulation par la concurrence prend une place croissante. Ce sont les raisons d'une attention renouvelée à l'évaluation des investissements, qui doit intégrer deux traits majeurs et sans doute durables de la situation actuelle.

Le premier est la contrainte pesant sur les budgets publics. Les nombreux projets candidats à la réalisation dépassent et de beaucoup les disponibilités financières, ce qui incite à scruter leur évaluation socioéconomique. Les erreurs sont moins facilement rattrapables, leurs conséquences plus graves. Il est impératif de pouvoir justifier les gains attendus de l'usage des ressources publiques et les pertes supportées, tous facteurs que le calcul économique est particulièrement apte à évaluer.

Le second trait est la baisse de compétitivité de notre appareil productif. De ce point de vue, le calcul socioéconomique est un outil irremplaçable. Par essence, il évalue les gains de productivité permis par le projet pour l'ensemble du pays[1] : dans le secteur de l'énergie, les économies de coûts procurées aux entreprises ; dans les transports, les réductions de coûts généralisées pour les déplacements professionnels et pour les transports de marchandises.

Pourtant, malgré ces raisons qui plaident pour un recours accru au calcul socioéconomique, on constate que son usage est limité. Les retours d'expérience en France montrent qu'il n'est systématique que dans le secteur des transports[2]. On le retrouve aussi, à un moindre degré, dans le secteur de l'énergie. Là où il est utilisé, on rencontre de grandes hétérogénéités dans la mise en œuvre, ce qui rend les comparaisons entre projets difficiles. On constate aussi un manque de transparence et de lisibilité des résultats, de ce fait peu propres à éclairer les décideurs et à informer le public. Du coup, les processus de décision y ont rarement recours, comme le fait apparaître de façon frappante l'expérience des débats publics. Comme le dit aussi l'exposé des motifs de la loi de programmation pluriannuelle du 31 décembre 2012 précitée : « L'investissement public est un facteur clé de croissance et de compétitivité. Parce qu'il est aussi garant d'une offre de service public de qualité, il doit être choisi avec une attention particulière pour concilier développement et maîtrise des finances publiques. Les choix d'investissement sont aujourd'hui insuffisamment étayés. Les procédures d'évaluation préalable et le

(1) En cela, il se distingue de l'évaluation financière qui porte sur les conséquences financières du projet sur un des acteurs, en général le gestionnaire d'infrastructure. Voir en annexe le glossaire pour une définition plus précise de ces termes et de leurs relations.
(2) L'inventaire des projets d'investissement civils réalisé par le Commissariat général à l'investissement (CGI) fin 2012 le confirme.

processus de décision ne permettent en effet pas toujours de hiérarchiser les projets et de faire prévaloir ceux qui seront les plus utiles à la collectivité ».

Ces caractéristiques se retrouvent peu ou prou dans les pays et organismes étrangers auprès desquels la commission a mené ses investigations : l'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, la Suède et la Norvège, la Banque européenne d'investissement (BEI). Partout, à l'exception peut-être de la BEI, le calcul socioéconomique ne connaît une véritable extension que pour les infrastructures de transport. Les problèmes de transparence et de lisibilité se rencontrent aussi dans des proportions similaires, de même que le poids réduit dans les décisions. Mais on constate aussi que, dans ces pays, ces défauts constituent des incitations à améliorer l'outil à la fois sur le plan technique – obtenir des évaluations plus complètes et plus fiables – et sur le plan de son insertion dans le processus de décision – le rendre plus convaincant et plus opérationnel. On y rencontre également une tendance à en élargir le champ à d'autres secteurs que les transports, notamment l'énergie et la santé.

C'est vers ces mêmes objectifs que sont tournées les propositions qui suivent. Elles visent d'abord à assurer la qualité technique des estimations. Pour cela, il faut mettre à jour les valeurs numériques utilisées, dont beaucoup datent de près d'une dizaine d'années, afin de prendre en compte les évolutions et attentes de la société. Il est nécessaire aussi de préciser les modalités de leur utilisation pour les rendre plus homogènes et pour les adapter aux nouvelles situations. Il convient enfin d'enrichir le calcul socioéconomique traditionnel en le faisant bénéficier des progrès de la connaissance économique dans plusieurs domaines où les attentes des décideurs sont fortes.

Les propositions portent ensuite sur la gouvernance des projets. Celle-ci a considérablement changé sous l'influence de forces déjà observables au début du siècle, et qui conjuguent maintenant leurs effets : la multiplication des acteurs dans le processus d'élaboration des projets, la complexification de la prise de décision à travers les débats publics et la pluralité des financements. Les procédures du calcul socioéconomique n'ont pas totalement suivi ces évolutions auxquelles elles doivent maintenant s'adapter.

Enfin, ces propositions doivent s'inscrire dans la perspective de la double transition énergétique et écologique dans laquelle nous sommes engagés. Celle-ci rend à la fois plus délicate et plus nécessaire l'élaboration d'une stratégie de long terme qui s'avère indispensable à l'évaluation des projets et qui en oriente les modalités de mise en œuvre.

Ces points seront développés en prenant pour exemple principal le secteur des transports, celui où le calcul économique connaît la plus large utilisation, même si l'énergie et la santé seront évoquées ici et là et si beaucoup des réflexions menées peuvent s'appliquer à d'autres secteurs.

1. Mettre à jour et enrichir les techniques du calcul

1.1. Mettre à jour les valeurs unitaires

Les directives de mise en œuvre du calcul socioéconomique prescrivent de nombreuses valeurs unitaires. Certaines sont communes à tous les secteurs. C'est le cas de l'ensemble des valorisations qui concernent la santé : valeur de la vie humaine, coût de la morbidité, etc. D'autres sont plus spécifiques à chaque secteur, comme la valeur du temps, un paramètre fondamental du secteur des transports. Ces valeurs évoluent au fil des années en fonction des transformations économiques et de l'amélioration des connaissances ; il faut donc les mettre à jour régulièrement.

Ces valeurs unitaires jouent un rôle fondamental dans l'évaluation des projets. Elles servent d'abord à aider l'évaluateur. Elles lui évitent d'avoir à faire lui-même des recherches sur des domaines variés qu'il ne peut pas tous connaître de façon approfondie. Elles permettent ensuite une meilleure comparabilité des évaluations entre projets différents.

Elles sont de natures diverses. La plupart ne font que traduire la disposition à payer des agents ; il convient alors de les étalonner sur des études économiques de comportement comme les études de préférences révélées ou les évaluations contingentes. C'est ainsi que dans le secteur des transports la commission propose un nouveau jeu de valeurs de référence pour la valorisation des temps de trajet. Il est calé sur les études les plus récentes en France et à l'étranger. Il comporte un plus grand détail pour mieux correspondre aux perfectionnements des modèles de prévision de trafic ; il maintient en interurbain l'augmentation de la valeur du temps en fonction de la distance de trajet. Il distingue désormais les valeurs par mode et par motif en interurbain et par motif en urbain. Le rapport introduit aussi de premiers éléments pour prendre en compte les paramètres connexes de la fiabilité et du confort, jusque-là ignorés des évaluations. On sait que ces paramètres jouent un rôle croissant dans les comportements des usagers et dans l'évaluation de nombreux projets, notamment en matière de transports collectifs.

C'est également dans cette catégorie que sont à classer les paramètres liés au système des finances publiques. Ceux-ci visent à prendre en compte l'imparfaite structure des taxes et l'insuffisance en volume des ressources publiques. Ces facteurs sont particulièrement importants dans la période de contrainte budgétaire actuelle. C'est pourquoi une attention spéciale leur est accordée dans le rapport. Celui-ci met à jour l'estimation du coût d'opportunité des fonds publics, qui traduit l'inefficacité de la structure du système de taxation. Il se penche aussi sur les méthodes de hiérarchisation des projets en situation de pénurie financière lorsque, à structure de taxes donnée, le montant des recettes fiscales ne permet pas de consacrer aux investissements publics les ressources nécessaires pour financer tous les projets qui mériteraient de l'être. Il propose des méthodes plus robustes que les critères en usage jusqu'ici dont la pertinence se réduit lorsque la contrainte financière est très forte ou que les projets à comparer sont de natures différentes, comme cela sera de plus en plus le cas. Il suggère en particulier l'introduction, pour tenir compte de cette contrainte, d'un coefficient dit de rareté des fonds publics, qui s'applique aux

dépenses publiques, et qu'il convient d'utiliser lorsque les fonds publics sont insuffisants pour réaliser tous les projets rentables[1].

D'autres valeurs unitaires traduisent des choix collectifs, de nature politique ou éthique. Appartient à cette catégorie le système de valorisation de la santé : valeur de la vie statistique humaine, valeur de l'année de vie, etc. Le choix à faire prend certes en compte les comportements observés, tels que les arbitrages des agents vis-à-vis des situations comportant un risque de mortalité. Mais il se fonde aussi sur des aspects d'ordre éthique, tels que l'égalité de tous les citoyens en matière de santé, ou d'ordre politique qui se traduisent par des décisions publiques fortes, notamment dans la lutte contre l'insécurité routière ou le tabagisme. Les signaux envoyés par ces deux démarches convergent vers le choix d'une valeur unique, la même pour tous les citoyens[2], et d'une hausse sensible par rapport aux valeurs antérieures. La commission propose de faire passer la valeur guide en ce domaine, la valeur de la vie statistique, à 3 millions d'euros, contre 1,75 million actuellement[3]. Elle propose également de développer les recherches en vue d'une évaluation qualitative du niveau de santé, par exemple à travers l'indice QALY[4], comme cela se pratique dans plusieurs pays. Cette évaluation serait utile notamment pour mieux juger de l'intérêt des actions dans le domaine de la santé.

Le choix de la valeur de la vie statistique a des conséquences directes sur les valorisations des effets environnementaux tels que la pollution de l'air et le bruit, dans la mesure où ces effets ont une incidence importante sur la santé. La mise à jour qui a été faite et qui concerne le secteur des transports s'est appuyée sur les études les plus récentes, qui résultent d'une coopération internationale européenne. Ces études sont fondées sur des méthodes « *bottom-up* » plus précises que les méthodes « *top-down* » utilisées antérieurement. On a assuré la transférabilité des données à la situation française. Par rapport aux estimations antérieures, les coûts de la pollution de l'air sont augmentés. En outre, le rapport introduit une plus grande différenciation selon la densité des zones où s'insère l'infrastructure. Ainsi, les valeurs de la pollution dans les zones urbaines denses (entre 1 500 et 4 500 habitants au kilomètre carré) et très denses (au-delà de 4 500 habitants, cas de la première couronne en région Île-de-France) sont multipliées respectivement par deux et par dix, tenant compte le plus soigneusement possible des impacts à la fois sur la zone d'émission et les zones proches touchées par la propagation aérienne. Le rapport fournit également une première évaluation des effets dits « amont et aval », qui concernent les pollutions émises pour la fabrication des carburants consommés par le transport.

En matière de biodiversité en revanche, il n'est pas apparu possible, en l'état actuel des connaissances, de fournir à l'échelle des projets une évaluation monétaire des

(1) On voit la différence entre le coût d'opportunité précédemment cité et le coût de rareté, qui tous deux sont relatifs aux fonds publics. Le coût d'opportunité dépend de la structure des taxes, quel que soit leur niveau : il est d'autant plus élevé que ces taxes sont distorsives (qu'elles diminuent l'incitation à l'activité économique). Le coût de rareté dépend du niveau des fonds publics consacrés aux investissements : il est d'autant plus élevé que l'écart entre les fonds pour l'investissement et le volume des investissements rentables est grand. Le coût d'opportunité s'applique aux dépenses et aux recettes du projet, le coût de rareté seulement aux dépenses publiques.
(2) Ce qui signifie que la collectivité s'oblige à dépenser la même somme pour réduire le risque de décès quel que soit le membre de cette collectivité qui en bénéficiera.
(3) Cette valeur de 1,75 million d'euros correspond à l'actualisation en 2010 de la valeur recommandée en 2004 et reprise dans les circulaires du ministère chargé des transports.
(4) *Quality-adjusted life-year* ou années de vie ajustées sur la qualité.

avantages des services qu'on en retire – ou des coûts qui résultent de sa diminution éventuelle –, malgré les avancées produites dans le rapport Chevassus-au-Louis[1]. Dans ce domaine, la priorité essentielle consiste à bien identifier, aux différents stades de l'élaboration du projet et de la concertation du public, les grands enjeux liés à la préservation de la biodiversité. La monétarisation des services issus de la biodiversité sera donc approchée par les coûts qu'elle occasionne dans le cadre de la séquence éviter-réduire-compenser qui commande sa gestion à travers l'évaluation environnementale. Cela conduit à plaider pour une bonne coordination entre l'évaluation environnementale et l'évaluation socioéconomique : même définition du projet ou du programme objet de l'évaluation, même prévision de trafic, même pas de temps, etc., toutes conditions naturelles mais non toujours respectées. Cela plaide aussi pour le développement des études et recherches qui permettront de donner une valeur monétaire aux services issus de la biodiversité et de faire une comparaison entre leur valeur et les coûts de leur obtention.

1.2. Homogénéiser les modalités de leur utilisation

Une attention particulière est portée à l'utilisation de ces valeurs unitaires pour le calcul des surplus, qui est en fait la raison première de leur détermination. Ce calcul pose de façon croissante de redoutables problèmes qu'on traitera dans le cas des transports. Dans ce secteur, en effet, les projets impactant plusieurs modes ou sous-modes sont de plus en plus fréquents. La formalisation de base du surplus de Dupuit, avec le graphique bien connu du trapèze qui ne concerne qu'un bien (ici un mode ou un itinéraire), ne peut plus suffire. Des méthodes plus précises et plus rigoureuses doivent être mises en œuvre, dont il faut assurer la robustesse et l'exactitude, sauf à encourir des erreurs graves. Des propositions sont faites en ce sens, d'autant plus utiles que bien souvent les modalités de calcul des avantages présentés à l'occasion de chaque projet sont actuellement peu transparentes.

Ces propositions concernent d'autres modalités de mise en œuvre de l'évaluation et ont pour but de les homogénéiser et de les rendre plus transparentes. Elles visent essentiellement le choix de l'option de référence par rapport à laquelle est évalué le projet, choix souvent insuffisamment étayé bien qu'il soit fondamental car il peut changer d'un ordre de grandeur les indicateurs de l'évaluation. En effet, le critère de la VAN-SE (valeur actualisée nette socioéconomique) ne fournit pas le projet optimal mais dit simplement si l'option de projet choisie est préférable ou non à l'option de référence. Au-delà du choix judicieux de l'option de référence, il faut recommander que la recherche des projets à comparer se fasse le plus largement possible, sans omettre le recours à d'éventuelles solutions en termes d'utilisation des infrastructures existantes (amélioration, exploitation, tarification, etc.).

1.3. Enrichir le calcul économique

Au-delà de cette mise à jour nécessaire, le calcul socioéconomique peut et doit être enrichi en raison à la fois de l'évolution du monde économique auquel il s'applique et des progrès de nos connaissances en économie positive. Quatre directions sont explorées. Elles visent à pallier les limites du calcul économique usuel, qu'explicite l'encadré suivant.

(1) Chevassus-au-Louis B. (2009), *op. cit.*

Le calcul socioéconomique usuel et l'identification des effets

Le calcul socioéconomique tel qu'il est pratiqué fonctionne en analyse partielle. Il ne considère que les gains et pertes des acteurs du marché sur lequel agit l'investissement : pour un projet d'autoroute, les usagers, la société concessionnaire, l'État. Mais ces gains et pertes que subissent dans un premier temps les acteurs du marché vont se diffuser à travers toute l'économie et modifier les rentes foncières, les prix et les quantités produites de multiples biens. Ainsi, les gains de temps procurés aux résidents d'une zone mieux desservie seront en partie captés par l'augmentation du prix des terrains, au profit des propriétaires fonciers. De même, lorsque le coût des transports de marchandises se réduit, c'est le prix des biens transportés qui va baisser, au profit des consommateurs de ces biens.

Ce n'est qu'au prix d'hypothèses assez fortes, revenant à supposer que l'économie est en situation de marché parfait, que le calcul usuel des bénéficiaires initiaux sur le marché impacté par le projet fournit la valeur exacte de la somme des surplus des bénéficiaires finaux. Ainsi, au prix de ces hypothèses, le chiffre fourni par le calcul usuel est exact, mais il ne dit rien sur la répartition finale entre les agents.

De cela, on tire plusieurs conséquences. La première est que, dès que les hypothèses de concurrence parfaite ne sont pas remplies, il faut modifier le calcul socioéconomique traditionnel pour intégrer ces imperfections de marché. C'est ce que l'on fait depuis longtemps pour intégrer les externalités d'environnement ainsi que les imperfections du système de taxation (par l'intermédiaire du coût d'opportunité des fonds publics) ; c'est ce que recommande de faire le présent rapport pour les externalités d'agglomération et les situations de concurrence imparfaite.

La seconde conséquence est que, pour connaître les effets macroéconomiques d'un projet, leur cheminement temporel, pour en identifier les bénéficiaires et en évaluer avec précision les effets redistributifs, il faut aller au-delà du calcul socioéconomique traditionnel qui ne fournit qu'un chiffre et utiliser des modèles qui fournissent la description des mécanismes économiques et de leur jeu à la suite de la réalisation du projet.

Ces directions ont en commun d'intégrer dans le calcul des traits de plus en plus prégnants de notre monde économique. Elles permettent aussi une meilleure représentation des effets des projets allant au-delà de la production d'un chiffre unique, répondant ainsi aux demandes fréquentes des parties prenantes à la décision. On s'est efforcé de les traiter avec le maximum de rigueur et de faire apparaître le degré d'incertitude qui s'attache actuellement à leur détermination. Il faut tenir compte des incertitudes qui entourent ces nouvelles méthodes, moins éprouvées que celles en usage, et éviter l'erreur d'imprudence. Mais ce serait une erreur d'un autre type que de ne pas tenir compte des résultats de l'analyse économique dont elles sont issues. Certaines des conclusions auxquelles on arrive peuvent être intégrées dans le calcul socioéconomique : c'est, comme on le verra, le cas des externalités d'agglomération et des modifications dans les pouvoirs de marché des entreprises. D'autres ne le peuvent pas, ou pas encore, comme les effets sur l'emploi ou la croissance ou la redistribution. D'autres enfin sont par nature descriptives, comme les conséquences d'un investissement sur la répartition spatiale des activités. Lorsqu'il y a des effets dont l'estimation qualitative ou quantitative est solide, mais auxquels, pour des raisons éthiques ou techniques, on ne peut ou ne veut pas donner de valeur monétaire, il serait coupable de ne pas les porter à la connaissance des décideurs, ne serait-ce que pour éviter des croyances erronées sur ces effets ou pour attirer l'attention sur des conséquences particulières que l'analyse économique permet d'éclairer. La mise en œuvre de ces directions doit être conçue dans une dynamique

d'évolution, selon un processus donnant place à l'expérimentation contrôlée, conciliant progrès et prudence. Si elles peuvent fournir dès maintenant de premiers résultats immédiatement intégrables au calcul socioéconomique et à la prise de décision, ces conclusions appellent fortement à des études et recherches pour préciser et étendre ces premiers résultats.

La concurrence imparfaite

En premier lieu, à la suite notamment des réformes de structure des services essentiels, les opérateurs sont de moins en moins inertes face aux décisions de leurs concurrents[1]. Ils développent des interactions stratégiques qui s'éloignent de l'hypothèse de concurrence parfaite adoptée jusqu'ici dans la mise en œuvre du calcul économique, et qui nous mettent dans des situations qu'on qualifie généralement de concurrence imparfaite : à des modifications de l'offre des concurrents, en prix ou en qualité, ils répondent par des modifications, en prix ou en qualité, de leur offre. Les progrès de l'économie industrielle permettent de mieux en mieux de prendre en compte ces effets et de les intégrer dans le calcul économique ; ils permettent aussi de mieux mesurer les avantages que les consommateurs tirent d'une réduction des pouvoirs de marché. Il est nécessaire que nous nous engagions dans cette voie, comme le font plusieurs pays voisins. C'est dans ce sens que va le présent rapport. Il montre qu'il est possible d'enrichir et de rendre plus rigoureux le calcul des surplus sur ces sujets en apportant quelques ajouts et modifications au calcul usuel du surplus collectif ; il montre aussi, dans le secteur des transports, qu'une bonne prise en compte des réactions stratégiques des acteurs permet de mieux appréhender les trafics et de mieux dimensionner les infrastructures et le matériel roulant. Mais il ne s'agit que d'un premier pas, et des recherches et études devraient être activement menées sur ce sujet.

Les effets spatiaux

L'économie géographique a fait de grands progrès depuis une vingtaine d'années. Ses résultats ont maintenant atteint un niveau de maturité suffisant pour qu'il soit possible, voire nécessaire, de les introduire dans le calcul économique : ce serait une erreur de ne pas en tenir compte. L'économie géographique peut fournir des indications sur les tendances de localisation résultant de la réalisation d'une infrastructure. Il est ainsi possible de décrire dans le détail les conséquences spatiales d'un projet, par exemple sous forme de cartes, et de répondre ainsi au souhait des populations et des élus locaux. Deux sortes de moyens le permettent : premièrement le recours aux mécanismes qu'elle a mis en évidence, notamment les phénomènes de polarisation, qui peuvent donner le sens et l'ordre de grandeur des phénomènes ; deuxièmement les modèles spatiaux qui concernent soit les agglomérations avec les modèles LUTI *(land use transport integration)*, soit les modèles spatiaux intercités (comme le modèle CG Europe ou les applications interurbaines du modèle Tranus).

Un des résultats les mieux établis d'un point de vue économétrique concerne les externalités d'agglomération et leur mesure. De nombreuses analyses statistiques ont montré de façon convergente qu'il existe une causalité entre la densité géographique des emplois et leur productivité. Ainsi, la polarisation des activités qu'opèrent les infrastructures se traduit par des modifications de densité donc de productivité des entreprises concernées. Le rapport fournit les méthodes à mettre en œuvre et les

(1) En termes techniques, on dit qu'ils se comportent de moins en moins en « *price takers* ».

précautions à prendre pour évaluer ces effets et pour les intégrer au calcul économique sous la forme d'un terme complémentaire au surplus usuellement calculé, ce qui paraît spécialement indiqué lorsqu'on traite de très grands projets et de programmes.

Les conséquences macroéconomiques

Parmi les questions que se posent les parties prenantes aux projets figurent en bonne place les effets sur l'emploi et la croissance. On ne dispose pour le moment que de réponses qualitatives, partielles et approximatives ; il s'agit toutefois de thèmes trop importants pour qu'on ne mobilise pas le savoir de l'économie positive pour les éclairer. Celui-ci a deux sources.

La première réside dans les enseignements généraux de l'analyse économique et dans les études statistiques telles que celles fondées sur l'étude *ex-post* des effets des infrastructures. Il en ressort qu'il convient de distinguer la phase de construction et la phase d'exploitation. Durant la première, les investissements en infrastructure ont des effets sur l'activité économique et sur l'emploi, aussi bien pour la partie infrastructure que pour le matériel roulant pour les projets de transport collectif. Ces effets peuvent être importants, notamment pour des zones particulières, par exemple des poches de chômage, ou pour des secteurs spécifiques en difficulté. Mais ces effets directs locaux ou sectoriels ont sur l'activité économique et sur l'emploi au niveau national des répercussions qui dépendent de la position dans le cycle conjoncturel : les répercussions d'un surcroît d'investissements publics (dans les transports ou dans d'autres secteurs) sont en effet favorables, par le jeu du « multiplicateur », en cas de conjoncture déprimée, mais elles sont défavorables, par le jeu de l'éviction de l'investissement privé ou de pressions inflationnistes, en période de haut de cycle. Or cet effet indirect national est difficile à apprécier au moment où on décide d'un investissement dont les travaux se dérouleront cinq à dix ans plus tard, dans une phase conjoncturelle non déterminée ; et ces effets, par nature, sont transitoires. Quant aux effets apparaissant durant l'utilisation des infrastructures, dans le long terme, l'analyse indique que les gains de PIB résultant d'une nouvelle infrastructure résultent directement des gains de productivité des entreprises pris en compte dans le calcul économique. À l'échelle nationale, il n'existe guère à l'heure actuelle de résultats suffisamment robustes pour conclure que les investissements en infrastructures ont un impact positif sur la croissance en dehors de celui correspondant aux surplus du calcul économique, incluant les effets spatiaux vus plus haut.

La deuxième source de connaissance sur les effets macroéconomiques réside dans l'utilisation de modèles. On ne dispose pas en France de modèles adaptés au secteur des transports. Pourtant, ils permettraient de fournir des indications générales quant aux conséquences des investissements (construction et exploitation) sur la croissance et l'emploi et de répondre à des questions plus ciblées telles que les effets sur les finances publiques ou le commerce extérieur. Ils pourraient également fournir des indications précieuses d'ordre dynamique, décrivant la manière dont les variables intéressantes évoluent au fil des années.

Selon leur architecture, de tels modèles pourraient apporter des éléments de réponse au souci d'identification des bénéficiaires qui n'est pas satisfait par le calcul traditionnel. Celui-ci fournit bien le résultat global en termes de surplus collectif, mais

ne permet pas de connaître avec exactitude la manière dont les agents de la collectivité considérée sont impactés. L'encadré précédent explicite ce point et met en évidence le fait que l'identification des effets finaux implique de disposer de modèles économiques d'ensemble décrivant les mécanismes économiques que le projet va mettre en œuvre et les effets sur les différents agents.

Le rapport recommande l'élaboration de tels modèles selon une stratégie adaptée à la problématique considérée : il n'y a pas de modèle passe-partout qui puisse seul répondre à toutes les questions.

Les effets redistributifs

Un dernier aspect est celui des conséquences redistributives des investissements. Ce sujet important n'est pas abordé dans la pratique du calcul traditionnel. Il fait pourtant l'objet de demandes de la part des décideurs. Pour l'éclairer complètement, il serait nécessaire de disposer de modèles d'équilibre général calculable tels que mentionnés plus haut, qui seuls permettent d'identifier les bénéficiaires finaux. C'est une raison supplémentaire pour souhaiter que ce type de modèles soit développé le plus rapidement possible. En attendant, des propositions de critères plus simples à mettre en œuvre, mais moins précis, sont présentées dans le rapport.

2. Améliorer la gouvernance des projets

Depuis environ une quinzaine d'années, la gouvernance des projets a considérablement évolué sous l'influence de forces déjà observables à la fin du siècle dernier, mais qui conjuguent désormais pleinement leurs effets : la multiplication des acteurs dans la production des projets, la complexification de la prise de décision avec l'importance croissante des débats publics et la diversification des financements.

2.1. La multiplication des acteurs dans la production des projets

La décentralisation s'est développée depuis une trentaine d'années, notamment dans le domaine des transports, ce qui a conduit à multiplier les maîtres d'ouvrage, en réduisant le champ des projets sur lesquels les guides ministériels en matière d'évaluation des projets sont obligatoirement applicables. À la suite des mesures de libéralisation prises en France à l'instigation de l'Union européenne, les grandes organisations gestionnaires ont été fragmentées.

Dans le secteur des transports, les opérateurs d'infrastructures spécialisés – très généralement des EPIC[1] – ont été créés pour prendre en charge différents types d'infrastructures et se sont vu donner des responsabilités croissantes dans l'étude et la conduite des projets ; ils ont progressivement gagné en indépendance et en pouvoir d'expertise. Ils ont un rôle majeur d'orientation de la politique d'infrastructure : on sait que le pouvoir de décision en termes de projets est fortement dépendant de la capacité de proposer. Dans leurs relations avec l'administration centrale, la subordination a fait place au dialogue et à la négociation.

(1) EPIC : Établissement public à caractère industriel et commercial.

Dans le secteur de l'énergie, l'instauration de la concurrence s'est traduite par la désintégration des monopoles verticalement intégrés qui étaient naguère les bastions d'un calcul économique normatif, garantissant, en principe, la cohérence de la chaîne de décisions allant du choix des équipements de production jusqu'à l'élaboration des structures tarifaires applicables à la clientèle finale. Agissant dans une logique d'intérêt général, le régulateur et les gestionnaires de réseau, en situation de monopole naturel, se réfèrent toujours au calcul économique normatif. La situation est plus hétérogène au niveau des producteurs-fournisseurs : le calcul économique normatif cède la place à un calcul financier où la prise en compte des externalités (risque de défaillance, émissions de CO_2) intervient *via* l'anticipation des prix de marché. Il revient à l'État, dans le cadre d'une approche communautaire, de corriger par la réglementation ou par des distorsions, jugées licites, des mécanismes de marché (taxation, incitations financières, distorsions tarifaires, etc.) ce qu'il est convenu d'appeler la myopie du marché dans le cadre de politiques d'efficacité énergétique, de développement des énergies renouvelables, de limitation des émissions de gaz à effet de serre, en un mot de la mise en œuvre d'une transition énergétique indispensable dans une perspective de long terme ; dans l'élaboration de ces politiques, le calcul économique pourrait jouer utilement un rôle plus important.

On constate ainsi, dans le secteur de l'énergie plus encore que dans celui des transports, l'apparition d'une multiplicité d'acteurs aux objectifs distincts. Se développent alors des phénomènes que les économistes recouvrent sous le terme d'asymétries d'information. Les opérateurs en jouent au profit de leur stratégie propre dans un schéma théorique du type « principal-agent » (les pouvoirs publics au sens large d'un côté, les opérateurs publics et privés de l'autre). Pour rester maîtrisable, une telle organisation exige une cohérence accrue à laquelle le calcul socioéconomique public peut fortement contribuer.

Chacun des acteurs décrits ci-dessus a, au cours de ces dernières années, développé ses modèles et ses méthodes d'évaluation spécifiques là où tout se faisait dans un cadre unique élaboré par les services de l'État. Ces outils plus nombreux se sont également complexifiés, avec entre autres l'utilisation des grandes bases de données informatisées. Comme tous les grands modèles, le détail de leur fonctionnement est très difficile à connaître. Ils sont considérablement plus opaques, d'autant plus qu'ils recourent à des logiciels propriété de sociétés privées qui en préservent les secrets.

2.2. Le recours à des expertises indépendantes

Pourtant, il y a une nécessité accrue d'assurer la robustesse et l'exactitude des résultats que ces modèles fournissent dans un univers où les parties prenantes sont plus exigeantes. Il est important que les décideurs et leurs services puissent comprendre ces modèles et en apprécier la portée et les limites. Pour progresser dans cette voie, il est préconisé de faire évaluer les modèles les plus couramment utilisés par une expertise extérieure indépendante des maîtres d'ouvrage et des parties prenantes à la décision, aux études ou à la réalisation, ainsi que par rapport à leurs concurrents, et d'établir des fiches descriptives normées permettant de faciliter le dialogue avec les décideurs.

Un même type d'expertise extérieure serait aussi à exercer sur les projets les plus importants, afin de vérifier et de rendre plus robustes les résultats du calcul socioéconomique, et d'en améliorer la crédibilité à l'égard des parties prenantes

extérieures, notamment celles des débats publics. Cette exigence est conforme aux prescriptions de la loi du 31 décembre 2012 citée plus haut qui impose une contre-expertise systématique des projets importants. Là aussi une fiche type normalisée permettrait de mieux saisir les points-clés de l'évaluation de chaque projet.

Les expertises évoquées ci-dessus doivent être effectuées par des spécialistes de haut niveau puisés largement dans le vivier des experts internationaux et/ou issus du monde académique, choisis de façon à garantir l'indépendance de l'expertise et à disposer des personnes les plus qualifiées sur les sujets les plus pointus. Ces expertises devraient bien sûr être effectuées en conformité avec la déontologie générale de ce genre d'activité, notamment en matière de secret et de conflit d'intérêts.

Dans le cas de projets présentant des enjeux majeurs en termes de modélisation, le souci de comparaison, de fiabilisation et de certification des résultats pourrait également s'exercer en faisant passer sur un même projet plusieurs modèles alternatifs.

Dans tous les cas, chaque projet devrait être accompagné d'une fiche qui résume ses principales caractéristiques au regard de l'analyse socioéconomique. Cette fiche[1] devrait faire apparaître, outre la mention du modèle de trafic qui a été utilisé, les modalités de calcul du surplus de l'usager, la décomposition des avantages du projet. Ce serait l'occasion d'indiquer le degré de confiance qui s'attache à chacun des termes de cette décomposition.

2.3. La qualité des données

La qualité de l'évaluation dépend directement de la qualité des données qui l'alimentent. La commission considère que nous souffrons d'une insuffisance grave en ce domaine, comme le montrent les comparaisons auxquelles elle a procédé avec plusieurs pays étrangers. Elle plaide pour une politique plus ambitieuse de rassemblement et de diffusion d'informations statistiques. Rappelons aussi que la qualité des données doit être expertisée au même titre et dans les mêmes conditions que la qualité des modèles employés.

Les données constituent un bien public type, et leur transparence doit être assurée lorsqu'elles sont nécessaires à l'évaluation des projets nécessitant des financements publics et à leur contre-expertise. Elles doivent être définies et portées à la connaissance dans les conditions et limites prévues par les règlements. Par exemple, dans le domaine des transports, il conviendrait de veiller à la mise en œuvre effective des dispositions légales définissant les modalités de mise à disposition des données statistiques détenues par les opérateurs ferroviaires[2] et bien sûr une même exigence devrait s'exercer à l'égard des autres modes de transport.

(1) Une proposition est fournie dans la recommandation générale de la section 3.5. du chapitre 2.

(2) Alinéa I.-1 de l'article 1 de la loi n° 2009-1503 du 8 décembre 2009 : « Pour l'exercice de ces missions, l'État et les autres personnes publiques précédemment mentionnées ont accès aux informations relatives au trafic ferroviaire et aux données économiques nécessaires à la conduite d'études et de recherches de nature à faciliter la réalisation des objectifs assignés au système de transports. Lorsque la divulgation de ces informations est susceptible de porter atteinte au secret des affaires, leur détenteur peut demander que leur diffusion à ces personnes publiques soit assurée par le ministre chargé des transports. Dans ce cas, celui-ci désigne les services habilités à procéder à cette diffusion, en précise les conditions et modalités garantissant le respect de ce secret et arrête la nature des informations pouvant être rendues publiques ».

2.4. Améliorer la prise en considération du calcul socioéconomique dans les processus de décision et notamment les débats publics

Un effort de lisibilité est rendu nécessaire par les changements dans le processus de décision, avec la montée en puissance des débats publics.

Certes, les débats et enquêtes sur les projets d'infrastructures ne sont pas chose nouvelle, comme le prouve l'existence plus que centenaire de l'enquête d'utilité publique. Mais cette étape classique intervient très en aval dans le processus de décision, lorsque le projet est suffisamment bien défini pour que l'évaluation socioéconomique s'effectue complètement. Tout autre est le débat public proprement dit, qui intervient à un stade beaucoup plus en amont, lorsque le projet n'est pas encore défini avec précision, et qui porte sur l'opportunité et les caractéristiques principales du projet, comme l'a demandé le Conseil d'État dans son rapport de 1999[1]. Le débat public qui en résulte suscite en général de nombreuses réactions de la part des associations et des parties prenantes. Il entraîne souvent des changements importants, des réorientations, voire des rejets. Du fait que le projet n'est pas encore défini avec une grande précision, son évaluation économique n'est que partielle et lacunaire. En outre, à ce stade, la communication sur l'évaluation socioéconomique passe actuellement mal auprès de l'opinion publique, comme l'illustre abondamment la partie du rapport du Conseil d'État consacrée à ce sujet. Le résultat est que l'évaluation socioéconomique, parfois à peine mentionnée dans le dossier, n'éclaire pas comme il conviendrait l'arbitrage des différents intérêts liés au projet soumis au débat, pour reprendre l'expression du Conseil d'État.

Tous les efforts doivent être faits pour remédier à cette situation : un calcul socioéconomique bien mené devrait en effet pouvoir contribuer pleinement à l'éclairage de la décision publique à ce stade, à condition toutefois de savoir en préciser les limites. On doit d'abord adapter le contenu du débat public, et le présent rapport émet des recommandations à ce sujet. Une sensibilisation à l'évaluation socioéconomique des projets pourrait en particulier être menée auprès des participants aux débats publics, y compris du côté de la Commission nationale du débat public (CNDP). Mais il faut aussi que le calcul socioéconomique s'efforce de répondre le mieux possible aux interrogations des parties prenantes au projet, et le plus en amont possible. Or, ceux-ci ne se contentent pas d'un chiffre unique, par exemple le taux de rentabilité interne ou la valeur actuelle nette du projet, comme sont traditionnellement présentés les résultats de l'analyse coût-bénéfice. Un moyen de faire mieux accepter le calcul socioéconomique est d'améliorer la façon de prendre en considération l'ensemble des effets d'un projet. Des progrès sont à accomplir. Le public, comme les élus et l'ensemble des parties prenantes, est sensible à la qualité d'une approche équilibrée et bien étayée. Les parties prenantes du débat souhaitent connaître le détail des conséquences du projet, une demande bien compréhensible lorsque l'intervenant est un riverain ou un de ses représentants. Quand un maire souhaite connaître les effets d'un projet sur le développement de tel ou tel quartier de sa ville, on peut difficilement lui répondre que cela ne le regarde pas. Si le calcul

(1) Le Conseil d'État a en effet constaté que la notion juridique d'utilité publique initialement destinée à protéger la propriété privée et à mettre en balance des intérêts publics et privés devait aujourd'hui permettre l'arbitrage entre des intérêts publics aussi légitimes que divergents et que l'enquête publique correspondante intervenait beaucoup trop tardivement pour le permettre. Il a donc proposé que, pour les opérations de grande ampleur, soit menée une phase initiale de consultation portant sur la fonctionnalité attendue du projet, sa justification et ses objectifs ; Conseil d'État (1999), *L'utilité publique aujourd'hui*, Les études du Conseil d'État, Paris, La Documentation française.

économique, très agrégé, peut donner le sentiment d'un résultat définitif sur lequel le politique et les citoyens n'auraient plus aucune prise, désagrégé, il peut au contraire ouvrir un dialogue éclairé sur la base de référents clairement définis. Ces indications mobilisent en particulier le savoir économique correspondant aux thèmes objets de l'enrichissement du calcul recommandé plus haut ; elles devraient bien sûr être approfondies par des recherches à mener activement, dont le rapport définit les termes de référence.

D'une façon plus générale, le calcul économique impose une analyse détaillée de toutes les conséquences envisageables d'un projet, de leurs incertitudes, de leurs évolutions probables. Les conséquences qui sont évaluables, en quantités et valeurs, sont intégrées dans un calcul qui tient compte des aléas propres à toute projection. Celles qui ne peuvent, pour quelque raison que ce soit, être prises en compte dans les calculs, doivent être mentionnées, analysées, évaluées, portées à la connaissance des décideurs, ou du public, de telle sorte que chacun en tire les conclusions qu'il estime justifiées.

2.5. Une stratégie de communication et de pédagogie

La situation implique en outre des efforts de communication nouveaux. Ces efforts n'ont pas été entrepris jusqu'ici, probablement parce que la communication était moins nécessaire lorsque la décision était essentiellement dans les mains d'un pouvoir central. Dans la mesure où les processus de décision font davantage appel à la concertation et au consensus, le calcul socioéconomique, s'il veut être entendu, doit convaincre. Il faut être capable de traduire ses démarches en langage simple. Cela représente un changement radical, un effort de communication d'autant plus important que les techniques utilisées dans le calcul socioéconomique deviennent de plus en plus sophistiquées. Cet effort de communication devrait s'exercer durant les phases de débat public. Mais son champ devrait être beaucoup plus large.

D'abord, selon les termes de la convention d'Aarhus[1], il y a lieu de prévoir une continuité de l'information et de la concertation du public avec présentation des mises à jour des évaluations socioéconomiques, à toutes les étapes de la vie du projet et non pas seulement lors du débat public et de l'enquête d'utilité publique, surtout si le délai entre les deux est important.

Ensuite, la communication ne pourra être efficace que si elle est accompagnée d'un effort de pédagogie générale auprès de tous les participants à la décision. Elle devrait familiariser le public avec le vocabulaire et les méthodes de l'évaluation socioéconomique, de façon à ce que son langage devienne un moyen de communication et un vecteur de débat, et non un placage ésotérique inutile, comme c'est souvent le cas actuellement.

La communication proprement dite et encore plus la pédagogie sont des affaires de longue haleine, elles nécessitent des moyens importants. Mais l'enjeu est de taille, puisqu'il s'agit d'améliorer l'efficacité de nos politiques publiques, notamment celles relatives aux investissements en infrastructures.

(1) Signée par 39 États le 25 juin 1998, la convention d'Aarhus s'est traduite par de nombreuses directives sur l'évaluation et la décision des projets qui ont modifié et renforcé la directive 85/337/CEE.

2.6. Pour une planification d'ensemble

L'État participe au financement des projets les plus importants et il lui revient la décision d'autoriser l'expropriation des riverains occupant les terrains. Il a en outre une mission de cohérence au niveau national en matière de politique des transports par exemple ; c'est lui le décideur en dernier ressort. On ne peut à cet égard que recommander que l'examen des projets se fasse, non pas un à un, mais pour des ensembles de projets, par programmes pluriannuels. C'est ainsi qu'on pourra éviter la course de vitesse entre projets, dont on a vu des exemples regrettables dans les années passées. Dans ces courses de vitesse, on n'est jamais sûr que le projet approuvé soit vraiment plus efficient que tous ceux qui n'ont pas encore été examinés. Appelant de ses vœux une telle planification, le rapport fournit des outils techniques pour hiérarchiser les projets candidats à la planification, outils tenant compte des traits de la situation actuelle, marquée par la rigueur financière et par les transitions énergétique et écologique.

3. Adapter le calcul socioéconomique à la transition écologique

Si nous sommes pleinement engagés dans la transition de gouvernance évoquée ci-dessus, nous ne sommes qu'à l'orée de la transition écologique. Certes, de nombreuses décisions publiques manifestent la prise de conscience en la matière. Mais, même si nous constatons déjà certains effets du réchauffement climatique, par exemple, c'est seulement dans plusieurs dizaines d'années, soit vers la fin du siècle, que les générations futures y seront pleinement confrontées.

3.1. Le besoin de se projeter à long terme

Pour les investissements d'infrastructures et notamment de transports, quelques dizaines d'années, c'est un horizon très court : les grandes infrastructures décidées maintenant seront vraisemblablement mises en service autour de 2020 au plus tôt pour des durées de vie de l'ordre de plusieurs dizaines, voire dans certains secteurs de plusieurs centaines d'années. Les dates moyennes d'exploitation se situeront donc aux alentours de la fin du siècle. C'est à cette époque qu'il convient de se projeter, si l'on veut évaluer correctement l'intérêt des infrastructures.

Cette constatation simple induit plusieurs conséquences. D'abord, il est probable qu'à une telle échéance, sous peine de réalisation du risque de catastrophes naturelles qui fait l'objet d'un consensus relativement large au sein du Groupe d'experts intergouvernemental sur le climat (GIEC), nous devrons avoir réduit nos émissions de gaz à effet de serre dans des proportions d'autant plus considérables que les trajectoires sur lesquelles les accords internationaux ont été conclus ne sont pas respectées. Nous devrons également faire face, dans des conditions encore à définir, à un renouvellement de notre politique énergétique. Il est aussi probable que nous devrons réduire l'artificialisation des sols, sauf à subir les conséquences de la réduction de la biodiversité. Si l'on a une vue sur les solutions à mettre en œuvre pour les quinze à vingt prochaines années, les perspectives sont beaucoup plus ouvertes pour les horizons plus lointains, à échéance de 2060 à 2080. Différentes voies sont possibles, dont on mesure facilement les conséquences sur la politique d'infrastructure : par exemple, dans le secteur des transports, une réduction de la mobilité, un report modal massif, une modification de l'organisation spatiale réduisant

la longueur des déplacements, des progrès techniques plus ou moins associés à une perte de performance des véhicules, ou enfin, plus probablement, une combinaison à trouver de ces différentes voies.

Ce qui est sûr, c'est que selon la voie choisie, la rentabilité des projets individuels peut être très différente : comment l'évaluer quand on ne sait pas si dans une cinquantaine d'années la clientèle va continuer à augmenter, ou au contraire se réduire ? Le rapport ne prétend pas répondre à cette question, qui dépasse largement l'évaluation socioéconomique des projets, car elle implique des choix politiques majeurs ; il se contente de dresser la liste des facteurs à considérer du point de vue limité de l'objectif qu'il traite et à esquisser des pistes de mise en œuvre.

3.2. La nécessité d'un cadre stratégique

Cette situation illustre le fait que l'évaluation des projets ne peut se mettre en œuvre en l'absence d'une stratégie comme cadre de l'évaluation. On avait pu s'en passer à l'époque des Trente Glorieuses, où le prolongement des tendances passées tenait lieu de stratégie. On avait encore pu en faire l'économie jusqu'à la fin du siècle dernier, en dépit du ralentissement de la croissance et des crises récurrentes. On considérait simplement que la croissance était un peu moins forte et plus incertaine. Mais désormais, la mise au point d'un cadrage stratégique de long terme ne peut plus être repoussée. Et il est clair que cette stratégie ne dépend que partiellement de la politique d'infrastructure, qui souvent en est plus une conséquence qu'une composante. Elle doit être surtout fondée sur les perspectives macroéconomiques de croissance et le respect de notre engagement écologique et énergétique envers les générations futures, qui passent par des signaux-prix (tarification de l'énergie, tarification des transports, fiscalité et subventions de la construction et du foncier) et par la réglementation (des véhicules et de la circulation, de l'urbanisation, etc.). En outre, elle doit tenir compte des évolutions en matière de modes de vie ou de démographie.

Bien sûr, au-delà de la stratégie nationale dont les raisons d'être et les modalités viennent d'être évoquées, la même exigence de stratégie s'exerce aussi aux autres échelles géographiques, par exemple au niveau des agglomérations ou des régions pour les projets qui les concernent, avec les problèmes de cohérence des stratégies des différents niveaux.

3.3. Le taux d'actualisation et le risque

Les réponses à ces questions ne sont ni simples, ni même uniques. Une part importante d'incertitude les entoure, d'autant plus qu'il faut les porter sur le long terme. C'est dire l'importance du choix du système d'actualisation et de la prise en compte du risque.

Dans les rapports Lebègue et Gollier[1], des recommandations avaient été faites concernant aussi bien les analyses de risques particulières à chaque projet que l'appréhension du risque systémique, celui qui est corrélé à l'évolution économique générale. Grâce à la loi des grands nombres, les risques individuels non corrélés à

(1) Lebègue D. (2005), *Le prix du temps et la décision publique*, Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française ; Gollier C. (2010), *Le calcul du risque dans les investissements publics*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.

l'évolution économique se compensent sur l'ensemble des projets. Il n'en est pas de même des risques systémiques dont les effets se cumulent.

Concernant les risques non systémiques, le rapport reprend les recommandations du rapport Gollier. Il insiste particulièrement sur le biais d'optimisme, ce fléau de l'évaluation des projets. Même si les analyses *ex-post* montrent que nous y sommes en France un peu moins sujets qu'ailleurs, il convient de tout faire pour l'éradiquer. Les contrôles et audits des projets, ajoutés aux enseignements de l'expérience et aux dires d'experts fournissent des pistes méthodologiques que la recherche explore activement actuellement et qu'il convient de suivre avec attention. Le rapport recommande aussi les analyses du type Monte-Carlo pour les autres risques non systémiques.

Quant aux risques systémiques, ils aboutissent à une réduction de la valeur des avantages attendus des investissements si ces avantages sont positivement corrélés avec l'activité économique, dont ils amplifient alors les fluctuations, et *vice-versa* si la corrélation est négative, auquel cas ils ont un effet stabilisateur bénéfique. Il existe deux façons de traiter techniquement ces effets : les prendre en compte directement sur les flux d'avantages nets (méthode dite « au numérateur ») ou à travers un taux d'actualisation ajusté en fonction du niveau de risque (méthode dite « au dénominateur »).

Dans cette dernière approche, et sous certaines hypothèses simplificatrices, l'effet correspondant peut être mesuré par le produit traditionnel $\varphi\beta$, où φ est appelé la prime de risque, un paramètre commun à l'ensemble des projets, et où β mesure le lien entre les avantages du projet et l'activité économique, un paramètre spécifique au projet. Avec ces notations, la réduction des avantages d'un projet s'exprime commodément au augmentant le taux d'actualisation qui leur est appliqué et qui devient pour chaque projet $r = rf + \varphi\beta$ où r représente le taux d'actualisation risqué propre au projet, rf le taux sans risque et $\varphi\beta$ la prime de risque du projet[1].

Ces concepts sont bien connus et d'un usage courant en analyse financière. Toutefois, l'analogie avec les calculs financiers est surtout formelle, et même si la comparaison avec les marchés financiers fournit des repères utiles, les valeurs des paramètres en analyse socioéconomique sont différentes de celles utilisées en finance ; en particulier, les paramètres ne peuvent être calculés projet par projet, mais simplement par classe de projets.

La méthode au numérateur est favorable au dialogue avec les décideurs. Elle permet aussi de mieux juger les spécificités d'un projet et éventuellement de moduler son paramètre bêta à l'intérieur de sa classe de projets. Cette approche suppose au préalable la définition de scénarios normés, contrastés et valides dont la commission a fourni des esquisses qu'il faudrait approfondir. La commission recommande que cette méthode soit mise en œuvre le plus souvent possible, en appui et en complément de la première méthode qui doit être pratiquée pour tous les projets.

(1) Si le projet ne présentait pas de risque systémique, un avantage a(t) à l'année t vaudrait actuellement : $a(t)/(1 + r_f)^t$ où rf est le taux sans risque. Si le projet présente un risque systémique dont la corrélation avec l'activité est mesurée par β, les avantages de l'année t sont réduits à $a(t)/(1 + \beta\varphi)^t$ et leur valeur actualisée à l'année 0 est : $[a(t)/(1 + \beta\varphi)^t]/(1 + r_f)^t$, ce qui est à peu près équivalent à $a(t)/(1 + \beta\varphi + r_f)^t$: tout se passe comme si le taux d'actualisation à utiliser était $r = r_f + \varphi\beta$ qu'on appelle le taux risqué et qui dépend du projet pour la partie $\beta\varphi$.

Le rapport propose un taux sans risque de 2,5 % – avec une décroissance progressive jusqu'à 1,5 % au-delà de 2070 et une prime de risque de 2 passant à 3 à partir de 2070. Ce choix est proposé en fonction de considérations intégrant à la fois les enseignements des marchés, les considérations macroéconomiques, et les préoccupations intergénérationnelles du long terme. En raison du caractère novateur de ces dispositions, le rapport recommande également de mener les calculs avec un taux d'actualisation unique de 4,5 %, ce durant une période transitoire qui sera consacrée à étudier le retour d'expérience sur le système, à préciser les méthodes d'éligibilité des projets et à ajuster les paramètres que ce nouveau système fait intervenir.

Le rapport propose de premières estimations des valeurs des bêtas par grandes catégories de projets dans le cas des transports.

Le rapport plaide pour que la méthodologie de prise en compte du risque, tout particulièrement celle utilisée pour le calcul des bêtas socioéconomiques, soit appliquée aux autres secteurs d'investissements. Il conviendra bien entendu d'affiner ces approches et de s'assurer de leur validité et de leur cohérence en fonction de la spécificité des projets.

Enfin, le rapport aborde l'élaboration de méthodes d'éligibilité des projets cohérentes avec ce nouveau système d'actualisation et de prise en compte du risque systémique. Le principe (maximisation de la valeur actuelle nette) est le même qu'antérieurement, mais son insertion dans un cadre aléatoire en change très sensiblement les modalités de mise en œuvre, qui se rapprochent sur le plan formel des pratiques financières. Le rapport formule à cet égard des premières propositions et recommande de mener très rapidement des travaux plus approfondis sur le sujet. Il serait souhaitable qu'ils fournissent des premiers résultats avant la fin de la phase transitoire évoquée plus haut.

4. Les prolongements

4.1. Pour un usage élargi du calcul socioéconomique

Si l'évaluation socioéconomique des projets ne peut se faire que dans un cadre de perspectives stratégiques à long terme, à l'inverse l'élaboration de cette stratégie peut, et même doit, bénéficier des apports que peut lui fournir le calcul économique.

D'une manière plus générale, on doit constater que le calcul socioéconomique est actuellement très limité dans son champ d'utilisation. Idéalement, il devrait permettre de comparer et d'interclasser tous les investissements publics. En fait, il est d'application réduite à un petit nombre de secteurs, essentiellement les transports et l'énergie, et là encore souvent restreint aux choix d'investissements, alors qu'il devrait pouvoir éclairer d'autres décisions telles que les décisions de réglementation technique ou de tarification. Il n'est actuellement présent que de façon très sporadique dans les autres secteurs. C'est négliger les apports qu'il peut avoir pour une meilleure décision publique. On l'illustrera dans la suite en présentant les avancées effectuées dans le secteur de la santé. On doit se réjouir que la loi du 31 décembre 2012 précitée en élargisse l'usage à l'ensemble des investissements civils.

Indépendamment de l'extension du calcul économique à d'autres secteurs, une autre extension doit retenir l'attention : celle relative aux choix de maintenance. Notre pays se trouve doté d'un capital d'infrastructures publiques qui va croissant à la suite des investissements qui sont réalisés et, compte tenu des contraintes financières auxquelles il est soumis, un arbitrage de plus en plus difficile se fait jour entre la création d'infrastructures nouvelles et le maintien en bon état de fonctionnement des infrastructures existantes. Faute d'analyse économique de la maintenance, faute de comptabilité patrimoniale des infrastructures publiques, on ne dispose pas d'outils objectifs permettant de savoir si la maintenance est effectuée à un niveau convenable, si la création d'infrastructures nouvelles ne s'accompagne pas de destruction du capital déjà existant même si les avis d'experts donnent à penser qu'il en est ainsi dans de nombreux secteurs. Ces considérations plaident pour l'ouverture d'un chantier totalement nouveau, celui de l'analyse économique appliquée à l'entretien et à la conservation des infrastructures existantes.

4.2. Un important programme de recherches coordonnées

On notera le nombre et l'importance des recherches qu'il est proposé de mener. Ce point est l'occasion de souligner l'intérêt qu'il y aurait à ce que ces recherches soient coordonnées et orientées vers les objectifs d'évaluation qu'elles doivent éclairer. À l'instar de ce qui est fait dans de nombreux pays, un comité permanent composé de scientifiques et de professionnels devrait suivre l'état d'avancement des recherches, celles-ci ayant été orientées en fonction des besoins ressentis et visant en priorité les nombreux thèmes pour lesquels nous sommes amenés actuellement à nous reposer essentiellement sur des études étrangères. Un vivier d'experts devrait être constitué pour prêter en tant que de besoin leur aide au comité précédent ou être sollicités pour une étude particulière. La mise à jour des guides d'évaluation serait alors plus aisée. Les meilleures pratiques passeraient de façon continue dans les évaluations réalisées au quotidien. La révision à intervalles périodiques de l'ensemble de la méthodologie de l'évaluation des projets en serait nettement plus facile et plus efficace.

5. Organisation du rapport

La suite du rapport reprend les différents points abordés dans cette synthèse en les présentant de façon analytique. Chaque chapitre est lui-même la synthèse de développements figurant dans le tome 2[1] qui fournit les justifications des positions prises et des valeurs recommandées ; ces dernières sont présentées avec un détail suffisant pour qu'il soit possible de retrouver les calculs de ces valeurs[2].

Le rapport traite essentiellement du secteur des transports, celui où le calcul socio-économique a l'utilisation la plus vaste, notamment pour le choix des infrastructures. Il analyse néanmoins de façon plus globale celui de l'énergie, où les profondes modifications de gouvernance ont restreint l'usage du choix des investissements publics au cas du réseau RTE, alors que les éclairages qu'il peut fournir vont bien au-

(1) Le tome 2 est téléchargeable sur le site du CGSP, www.strategie.gouv.fr/blog/?p=2332.
(2) Il ne faut pas se méprendre sur la précision avec laquelle sont fournis certains paramètres. Le nombre de chiffres significatifs qui les accompagnent ne constitue pas une appréciation de leur exactitude mais résulte d'un souci de cohérence numérique. Il est de bonne règle d'exécuter les calculs avec une précision éventuellement superflue et d'attendre le résultat final pour les accompagner de commentaires sur leur précision.

delà de ce type de choix. Il présente les progrès et avancées dans le secteur de la santé, qui là aussi vont au-delà des problèmes de choix d'investissements et portent davantage sur des aspects de politique des soins.

Précédé d'un résumé des principales recommandations opérationnelles, le chapitre 1 commence par aborder les problématiques communes à tous les secteurs, telles que le taux d'actualisation ou la prise en compte du risque, ou encore le coût des fonds publics. Dans le chapitre 2 sont détaillées les recommandations concernant les transports, de loin le secteur où l'évaluation socioéconomique connaît les développements les plus importants. Enfin, le chapitre 3 regroupe des présentations plus courtes concernant les secteurs de l'énergie et de la santé, ainsi qu'une application particulière au cas de la lutte contre les inondations.

Principales recommandations opérationnelles

Ce chapitre récapitule, sous forme synthétique, l'ensemble des recommandations opérationnelles figurant dans le rapport. Pour le détail des valeurs et les modalités précises de mise en œuvre, le lecteur se reportera aux développements correspondants du rapport.

1. Critères d'évaluation et indicateurs

Coûts d'opportunité et de rareté des fonds publics :

- multiplier les dépenses publiques de construction et de maintenance par le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) dont la valeur recommandée est 1,2 ;
- multiplier les dépenses publiques de construction par le prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP). Ce PFRFP, qu'il serait opportun de recalculer fréquemment pour tenir compte de la situation présente, peut être pris par défaut égal à 0,05.

Horizon de calcul : on effectuera les calculs en tenant explicitement compte des évolutions des trafics et des valeurs unitaires jusqu'en 2070. Au-delà, prendre en compte une valeur résiduelle, correspondant à l'actualisation sur 70 ans, soit jusqu'en 2140, des avantages en stabilisant les trafics et les valeurs unitaires, sauf celle du carbone pour laquelle on continuera l'évolution du prix unitaire selon les règles établies, et en prenant en compte les dépenses d'entretien et de renouvellement qui devraient intervenir en raison de la durée de vie technique des ouvrages.

Règles d'éligibilité des projets en période transitoire : elles doivent tenir compte de ce qu'on a choisi pour l'actualisation un système nouveau, séparant le taux sans risque et le risque systémique. Dans ce système, la commission recommande d'effectuer les calculs en utilisant un taux sans risque de 2,5 %, une prime de risque de 2 % (respectivement 1,5 % et 3 % après 2070) ainsi que les bêtas dont des valeurs sont données dans le rapport pour le secteur des transports.

En raison de la nouveauté de ce système, on mettra également en œuvre, dans une période transitoire, des calculs reposant sur le système ancien d'un taux unique fixé à 4,5 %.

Dans le système nouveau, les règles d'éligibilité en période transitoire sont les suivantes : le « go » d'un projet doit être envisagé lorsque, à la mise en service résultant du délai de réalisation après le go en question, la rentabilité immédiate calculée sera égale à 4,5 %. Ensuite, il faut vérifier que la VAN calculée à cette date de réalisation est positive. Dans ce calcul de la VAN on actualisera les avantages et les coûts avec leurs bêtas respectifs (souvent, on pourra globaliser les bêtas des avantages en un seul, sauf si les effets sur les émissions de CO_2 sont importants, ce qui sera en général le cas dans le long terme ; on prendra alors pour le prix du CO_2 un bêta de 1, comme indiqué dans le chapitre 1, section 9) ; alors on prendra les bêtas normalisés. En revanche, il faudra actualiser les coûts de construction avec leur bêta propre, fixé par défaut à 0,5. Si la VAN ainsi calculée est positive le projet doit être réalisé à la date vue plus haut ; sinon il ne doit pas être réalisé. Son cas pourra être réexaminé ultérieurement en fonction de l'évolution, par construction aléatoire, des avantages et des coûts.

Dans le système ancien où le taux est unique et fixé à 4,5 %, les règles classiques bien connues et rappelées dans les sections précédentes s'appliquent. On notera que dans ces conditions, la date de mise en service est la même dans les deux systèmes mis en parallèle. Il faut aussi vérifier que la VAN est positive, ce qu'on fera par le calcul classique traditionnel.

Il est loisible de faire des variantes sur le taux sans risque et la prime de risque (on évoque des valeurs de 3,5 % et 1 % pour ces deux paramètres), ainsi que sur la croissance des avantages.

Durant la période transitoire, il convient de définir de façon robuste les conditions d'éligibilité et d'estimer les paramètres dont elle dépend, et en particulier d'évaluer leur importance respective ; tout cela passe par une exploration et une meilleure connaissance des processus stochastiques et des fonctions d'utilité en cause. Il convient aussi de fixer les scénarios de référence supports des évolutions à long terme.

Après la période transitoire. À l'issue de cette période transitoire, il sera possible de confirmer ou éventuellement d'ajuster les valeurs du système d'actualisation (taux sans risque et prime de risque), de fournir des valeurs pour les autres paramètres intervenant dans le calcul et de fixer les règles d'éligibilité définitives à appliquer.

Risque systémique et méthode au numérateur. Le système de double taux d'actualisation rend compte du risque systémique par la méthode « au dénominateur ». Celui-ci peut aussi faire l'objet d'appréciations par la méthode « au numérateur » dans laquelle on analyse le comportement de la VAN du projet dans différents scénarios de croissance économique. Les deux méthodes ne se superposent pas mais se complètent. La méthode au dénominateur doit être appliquée à tous les projets car elle permet une comparaison et un interclassement cohérent avec la théorie économique. La méthode au numérateur est plus parlante pour le décideur et est propice au dialogue ; elle peut permettre aussi de mieux cerner les comportements de chaque projet vis-à-vis de l'incertitude, de fournir des « stress tests », et ainsi conduire à affiner les valeurs des bêtas du projet. Il est recommandé de la mettre en œuvre le plus souvent possible et en particulier pour les grands projets. Cela doit être fait à partir de scénarios normés suffisamment différenciés (un exemple de tels scénarios est fourni dans le tome 2 du présent rapport) ; il est souhaitable que le taux d'actualisation sans risque et la prime de risque implicites que

la méthode dite au numérateur fait apparaître soient d'une magnitude similaire à celle fournie par la méthode au dénominateur.

Risques diversifiés. La méthode au numérateur fait partie de la famille des analyses de scénarios, probabilisés ou non, qu'il convient de mobiliser pour l'analyse des risques diversifiés. Le rapport souligne leur importance et le soin qu'il faut porter à les traiter.

2. Procédures

- Traduire les recommandations du rapport en procédures opératoires ou logiciels adaptés au secteur, au niveau de maturation des projets, et à leur importance.

- Faire des expertises ou certifications pour les modèles qui interviennent dans les évaluations socioéconomiques, en particulier les modèles de demande, et pour les procédures qui permettent de calculer les surplus.

- Établir des fiches faisant apparaître la portée et les limites de ces modèles.

- Établir pour chaque projet des fiches comprenant les informations suivantes :
  - la description du projet ;
  - la description de l'option de référence et de sa justification ;
  - la description des variantes envisagées ;
  - la description et la justification des options prises en termes de tarification de l'infrastructure nouvelle et des infrastructures concurrentes éventuelles ;
  - l'évaluation du coût de construction actualisé à l'année de programmation, ainsi que des dépenses de maintenance et de renouvellement ultérieures, avec datation, avec si possible comparaison avec les coûts d'infrastructures de natures similaires ;
  - l'évaluation de l'avantage de l'année de programmation, et sa décomposition en surplus des usagers, effets sur les revenus des opérateurs, effets sur l'environnement, autres effets, avec indication du degré de confiance à accorder à chaque poste ;
  - les mêmes informations pour l'année 2070 ;
  - la décomposition des avantages entre ceux procurés au système productif et ceux procurés aux particuliers ;
  - la croissance de la demande : demande à l'année de programmation et en 2070 ; si possible comparaison avec les demandes de situations analogues ;
  - la description argumentée éventuelle des effets de réduction des pouvoirs de marché, des conséquences sur l'emploi et la croissance, les effets de répartition spatiale, les conséquences redistributives, etc. ;
  - la date optimale de mise en service ;
  - la VAN à l'année de programmation ;
  - les études de risque complémentaires dont le bêta et le taux risqué du projet.

Pour les projets les plus importants, faire des contre-expertises indépendantes des évaluations socioéconomiques.

Mettre au point des scénarios de référence composés de scénarios généraux applicables à l'ensemble des projets, complétés par des scénarios sectoriels.

2.1. Valeurs unitaires

2.1.1. Valeurs relatives à la santé

Valeurs tutélaires

- Valeur de la vie humaine ou valeur de la vie statistique (VVS) : 3 millions d'euros 2010.
- Valeur de l'année de vie (VAV) : 115 000 euros 2010
- Valeur du blessé grave : 15 % de la VVS, soit 450 000 euros 2010.
- Valeur du blessé léger : 2 % de la VVS, soit 60 000 euros 2010.

Règle d'évolution

Ces valeurs devront croître au même rythme que le PIB par tête.

2.1.2. Valeur du carbone

- Valeur initiale : 32 euros 2010/tCO_2
- Valeur cible 2030 : 100 euros 2010/tCO_2

Règle d'évolution

- De 2010 à 2030, la valeur du carbone croît au rythme de 5,8 % par an.
- Au-delà de 2030 : la règle d'évolution est celle du principe d'Hotelling (croissance de la valeur du carbone au taux d'actualisation), soit 4,5 % (avec bêta prix carbone = 1, taux d'actualisation = 2 % + 1 x 2,5 %).

2.1.3. Valeurs du temps

a) Transport de voyageurs

En milieu urbain, tous modes (en €2010/h en 2010)

Motif du déplacement	France entière	Île-de-France
Professionnel	17,5	22,3
Domicile-travail/études/garderie	10,0	12,6
Autres (achat, soin, visites, loisir, tourisme, etc.)	6,8	8,7
Sans détail du motif	7,9	10,7

En milieu interurbain (en €2010/h en 2010)

Mode	Motif du déplacement	Pour les distances inférieures ou égales à 20 km	Pour les distances comprises entre 20 et 80 km			Valeurs à 80 km	Pour les distances comprises entre 80 km et 400 km				Pour les distances supérieures ou égales à 400 km			Pour une distance non spécifiée (valeur pour la distance moyenne)	Distance moyenne du mode (km)
Route – véhicule particulier	Tous motifs	7,9	0,090	x d +	6,1	13,3	0,006	x	d +	12,8	15,2			14,4	266,7
	Professionnel	17,5	0,202	x d +	13,5	29,6	0,016	x	d +	28,4	34,8			32,7	
	Personnel-vacances	6,8	0,031	x d +	6,2	8,7	0,012	x	d +	7,7	12,4			10,9	
	Personnel-autres	6,8	0,067	x d +	5,5	10,8	0,019	x	d +	9,3	17,0			14,4	
Route – autocar	Tous motifs	7,9	0,166	x d +	4,6	17,9	-0,019	x	d +	19,3	11,9			13,9	293,8
	Professionnel	17,5	0,153	x d +	14,5	26,7	0,004	x	d +	26,3	28,0			27,6	
	Personnel-vacances	6,8	0,031	x d +	6,2	8,7	0,003	x	d +	8,4	9,8			9,4	
	Personnel-autres	6,8	0,067	x d +	5,5	10,8	0,006	x	d +	10,4	12,8			12,1	
Fer	Tous motifs	7,9	0,246	x d +	3,0	22,7	0,011	x	d +	21,8	26,2			25,4	331
	Professionnel	17,5	0,429	x d +	9,0	43,3	0,000	x	d +	43,3	43,3			43,3	
	Personnel-vacances	6,8	0,250	x d +	1,8	21,8	0,000	x	d +	21,8	21,8			21,8	
	Personnel-autres	6,8	0,265	x d +	1,5	22,7	0,000	x	d +	22,7	22,7			22,7	
Aérien	Tous motifs										0,001	x d +	53,2	54,2	1208,9
	Professionnel										0,000	x d +	72,9	72,9	
	Personnel-vacances										0,000	x d +	52,2	52,2	
	Personnel-autres										0,000	x d +	53,4	53,4	
Tous modes	Tous motifs	7,9	0,155	x d +	4,8	17,2	0,021	x	d+	15,5	0,006	x d +	21,6	19,1	
	Professionnel	17,5	0,218	x d +	13,2	30,6	0,029	x	d+	28,3	0,020	x d +	32,0	36,2	
	Personnel-vacances	6,8	0,055	x d +	5,7	10,1	0,022	x	d+	8,4	0,005	x d +	15,1	11,2	
	Personnel-autres	6,8	0,215	x d +	2,5	19,7	0,003	x	d+	19,5	0,008	x d +	17,3	23,0	

Temps d'attente, de marche en pré/post-acheminement et de correspondance

Type de temps hors véhicule	Minutes équivalentes
Temps d'attente	1,5
Temps de marche en pré/post-acheminement	2
Temps de correspondance	2

Note de lecture : une minute de temps d'attente est ressentie, en temps équivalent, comme 1,5 minute de temps de transport.

Règle d'évolution

Faire évoluer les valeurs du temps comme le PIB par tête avec une élasticité de 0,7.

b) Transport de marchandises

en €2010/h en 2010

Type de marchandises	Valeur du temps de déplacement
Marchandises à forte valeur ajoutée *Valeur indicative : > 35 000 €/t* *Exemples : transport combiné, conteneurs maritimes, messagerie, transports frigorifiques, route roulante, trafic roulier…*	0,60 €/t
Marchandises courantes *Valeur indicative : entre 6 000 et 35 000 €/t* *Exemples : autres trafics ferroviaires, maritimes et fluviaux*	0,20 €/t
Marchandises à faible valeur ajoutée *Valeur indicative : < 6 000 €/t* *Exemples : vrac, granulats…*	0,01 €/t

c) Confort

Pondération du temps réel selon le taux de charge du véhicule

Situation de l'usager dans le mode, tous modes confondus (tram, métro, bus, trains de banlieue)	Évolution du multiplicateur K(p) du temps réel selon le nombre de passagers debout « p » par m^2 dans le véhicule	
	Pour des situations où des places assises en dur sont disponibles	Pour p > 0
Assis	K(p) = 1,00	Ka(p) = 1,00 + 0,08*p
Debout		Kd(p) = 1,25 + 0,09*p

Note de lecture : un usager debout faisant l'expérience d'un trajet durant lequel une moyenne de 3 personnes/m^2 sont aussi debout devrait voir son temps de trajet (multiplié après par la valeur du temps spécifique au motif de déplacement) multiplié par 1,29 + 3*0,09 = 1,52.

Procédé pour la prise en compte du confort : voir le détail dans le rapport.

d) Fiabilité *(voir le détail dans le rapport)*

2.1.4. Coûts d'environnement

a) Pollution

Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

hab/km²	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette	< 37	37-450	450-1 500	1 500-4 500	> 4 500
Densité moyenne	25	250	750	2 250	6 750

Valeurs tutélaires

Valeurs tutélaires pour le transport routier (émissions dues à la combustion et à l'usure)

€2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,1	3,1	1,3	1,0	0,9
VP diesel	13,8	3,8	1,6	1,3	1,0
VP essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VP gpl	3,5	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	22,0	6,1	2,5	1,9	1,5
VU diesel	22,9	6,3	2,6	2,0	1,6
VU essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
PL diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Deux-roues	8,7	2,5	1,0	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Déclinaison par Norme Euro des coûts des émissions de NOx, SO_2, COVNM et PM2,5 dues à la combustion des VP et VUL : voir le détail dans le rapport.

VP : véhicule particulier ; VUL : véhicule utilitaire léger ; VU : véhicule utilitaire ; PL : poids lourd.

Valeurs tutélaires pour le transport ferroviaire

€2010/100 trains.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Train passagers diesel	881,5	293,8	97,9	32,6	3,3
Train passagers élec.	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables
Train fret diesel	750,5	250,2	83,4	27,8	2,8
Train fret élec.	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables

Valeurs tutélaires pour le transport fluvial

€$_{2010}$/100 bateaux.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Fluvial	18 900	6 350	2 150	750	140

Valeurs tutélaires pour le transport aérien

	Urbain	Urbain diffus
Mouvement : *(€2010/100 mouv.)*	Entre 8 700 et 17 200	Entre 2 900 et 3 050
Vol : *(€2010/100 vols.km)*	Entre 14,3 et 16,5	Entre 12,3 et 13,3

Règle d'évolution

Faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles (ces dernières sont estimées à – 6 % par an sur la période 2010-2020 pour le mode routier). Au-delà, établir le coefficient à partir de scénarios d'émissions du parc circulant sur le moyen et long terme.

b) Effets amont-aval

Valeurs tutélaires pour certains effets amont et aval liés à la circulation des véhicules de transport.

€2010/100 véh.km	Valeurs tutélaires des émissions atmosphériques des procédés amont
Transport routier	
VP	0,90
Bus	2,83
Deux-roues	0,42
Poids lourds	2,96
VUL	1,14
Transport ferroviaire	
Train passagers élec.	25,64
Train passagers diesel	136,35
Train fret élec.	30,50
Train fret diesel	143,51
Transport aérien	
Avion	58,38
Transport fluvial	
Fluvial	96,61

Règle d'évolution

Faire évoluer les valeurs des effets amont-aval comme le PIB par tête.

c) Biodiversité

Prendre en compte, dans l'évaluation socioéconomique, les dépenses liées à la mise en œuvre de la séquence « éviter-réduire-compenser ».

d) Nuisances sonores

Valeurs tutélaires par niveau d'exposition : voir le détail dans le rapport.

Valeurs moyennes par type de trafic :

Valeurs du coût moyen des nuisances sonores, exprimées en €2010/v.km pour le mode routier

Mode	Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût des nuisances sonores en €2010/v.km
Routier	Rural	Autoroute	0,9
		Nationale	0,2
		Départementale	6,8
	Semi-urbain	Autoroute	3,0
		Nationale	3,5
		Départementale	6,6
	Urbain	Autoroute	8,3
		Nationale	4,7
		Départementale	10,9
		Communale	28,2
	Urbain dense	Autoroute	15,1
		Nationale	7,6
		Départementale	13,6
		Communale	66,6
	Urbain très dense	Autoroute	-
		Nationale	-
		Départementale	30,3
		Communale	98,6

Valeurs du coût des nuisances sonores, exprimées en €2010/v.km pour le mode ferroviaire

Type de véhicule	Période de la journée	Trafic	Urbain	Semi-urbain	Rural
Train passagers	Jour	Dense	0,31	0,014	0,017
		Peu dense	0,61	0,027	0,033
	Nuit		1,02	0,045	0,056
Train fret	Jour	Dense	0,55	0,027	0,034
		Peu dense	1,3	0,052	0,065
	Nuit		2,2	0,088	0,11

Règle d'évolution

Faire croître les valeurs des nuisances sonores au même rythme que le PIB.

2.2. Enrichissement du calcul traditionnel *(Voir le détail dans le rapport)*

Chapitre 1

Problématique commune à tous les secteurs

Le calcul socioéconomique comporte des dispositions spécifiques à chaque secteur, qui dépendent de la nature des problèmes rencontrés, et des dispositions communes à tous les secteurs. Celles-ci se traduisent soit par des procédures communes, soit par des paramètres généraux valables pour l'ensemble des secteurs.

On ne réexposera pas ici les fondements du calcul des surplus initié par Jules Dupuit[1], qui a connu d'abondants développements théoriques et appliqués qui sont décrits dans de nombreux manuels[2]. On se limitera à quelques points commandés par la lettre de mission et justifiés par la situation actuelle : d'abord, les problèmes et méthodes permettant de définir le ou les scénarios de référence, car ces scénarios ne peuvent plus, dans la période de transition écologique dans laquelle nous entrons, être constitués à partir d'une extrapolation des tendances récentes. Puis les modalités de calcul des surplus, qui recèlent des difficultés souvent mal perçues et imparfaitement surmontées. Ensuite, concernant l'ensemble constitué par le taux d'actualisation et le risque – car, on l'a vu notamment dans le cadre des travaux du groupe Gollier, les deux sont inséparables –, le but est de dégager la valeur et les modalités de mise en œuvre d'un taux sans risque et les modalités de mise en œuvre concomitantes de l'analyse de risque. Les conséquences de ces nouvelles dispositions pour l'éligibilité des projets sont également précisées, et il apparaît qu'elles sont assez différentes de celles qui avaient cours antérieurement, sous le régime du taux d'actualisation unique. Enfin, les contraintes sur les finances publiques incitent à revoir, comme le demande la lettre de mission, le coût d'opportunité des fonds publics qui est lié au système de taxes ainsi que la nature et le jeu des indicateurs de choix, car ceux-ci sont marqués par les contraintes financières fortes actuelles et par la transition écologique.

(1) Dupuit J. (1844), « De la mesure de l'utilité des travaux publics », *Annales des Ponts et Chaussées*, tome VIII, p. 332-375.
(2) Voir par exemple Babusiaux D. (1990), « Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise », Paris, Economica ; Small K. A. et Verhoef E. (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, London ; de Rus G. (2010), *Introduction to Cost-Benefit Analysis*, Edward Elgar Publishing ; de Palma A., Lindsey R., Quinet É. et Vickerman R. (2012), *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar Publishing ; European Union (2008), *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*.

Les valeurs unitaires prises en compte dans le calcul socioéconomique sont pour la plupart spécifiques à chaque secteur ; c'est le cas par exemple pour les valeurs du temps, de la fiabilité du temps de transport, ou de la fiabilité de la fourniture d'électricité. Les plus importantes de celles qui sont transverses, c'est-à-dire utilisées dans plusieurs secteurs, concernent, outre le taux d'actualisation déjà cité, le faisceau de valeurs relatives à la santé, à savoir la vie humaine et la morbidité ainsi que les coûts des émissions des gaz à effet de serre. Elles interviennent dans le secteur de la santé, des transports et de l'énergie, entre autres. Il est indispensable, pour la bonne allocation des deniers publics, que ces valeurs soient cohérentes d'un secteur à l'autre.

On notera enfin que les développements qui suivent, bien qu'à vocation inter-sectorielle, sont marqués par la prédominance actuelle du secteur des transports comme utilisateur et praticien des évaluations socioéconomiques, ce qui explique la fréquence des exemples et illustrations portant sur ce secteur.

1. Le scénario de référence

1.1. La nécessité d'un scénario de référence

Les grandes infrastructures décidées maintenant seront vraisemblablement mises en service autour de 2020 et leur durée de vie se mesure en dizaines, voire en centaines d'années. Les dates moyennes de pleine exploitation sont souvent très éloignées. Si dans le secteur de l'énergie elles se mesurent en décennies[1], dans d'autres secteurs dont les transports, elles se situeront aux alentours de la fin du siècle. D'ici là, de nombreux changements auront pu se produire. D'abord, à une telle échéance, nous devrons avoir réduit nos émissions de gaz à effet de serre dans des proportions considérables ; nous devrons également faire face, dans des conditions encore à définir, à un renouvellement de notre politique énergétique. Il est aussi probable que nous devrons réduire l'artificialisation des sols, sauf à subir les conséquences de la réduction de la biodiversité.

Différentes voies sont possibles, dont on mesure facilement les conséquences contrastées sur la politique d'infrastructure. Ainsi, dans le secteur des transports, selon le rythme d'amélioration des performances des véhicules thermiques conventionnels et celui de leur électrification progressive, selon la nature et l'importance des leviers concernant la demande de mobilité et l'organisation des transports[2], les évolutions des trafics et donc les besoins en infrastructures seront très différents, surtout au-delà de 2030, et la rentabilité de chacun des projets individuels peut être également très différente. Comment l'évaluer en effet quand on ne sait pas si dans une cinquantaine d'années le trafic qu'elle supportera va continuer à augmenter, ou au contraire se réduire ?

(1) Elles sont aussi parfois réduites par l'obsolescence technique.
(2) Dans la liste des leviers envisageables à cet horizon : le contrôle et la réduction éventuelle de la vitesse routière, la mise en œuvre de l'écotaxe poids lourds, l'amélioration de la qualité de service des transports en commun et du fret non routier, la restriction de la circulation automobile dans les grandes agglomérations, la fiscalité de la route et la mise en place d'une contribution climat énergie, l'entretien et le développement des infrastructures des modes alternatifs à la route.

Il convient donc de situer l'évaluation des projets dans le cadre de scénarios impliquant une analyse prospective, et comportant des choix politiques. On avait pu s'en passer à l'époque des Trente Glorieuses, où le prolongement des tendances passées tenait lieu de stratégie. On avait encore pu en faire l'économie jusqu'à la fin du siècle dernier, en dépit du ralentissement de la croissance et des crises récurrentes. On considérait simplement que la croissance était un peu moins forte et plus incertaine. Aujourd'hui les incertitudes sur l'avenir sont trop éclatantes pour qu'on puisse s'en passer.

Scénario de référence et option de référence

La proximité des termes ne doit pas conduire à confondre scénario de référence et option de référence (souvent appelée dans les rapports précédents « situation de référence »). Le scénario de référence désigne un ensemble d'hypothèses de référence sur l'évolution future des variables exogènes au projet (PIB, prix des carburants, mise en service d'autres infrastructures, etc.).

La notion d'option de référence largement décrite par ailleurs – elle fait l'objet d'une contribution de Claude Abraham dans le tome 2 – trouve sa source dans les bases du calcul socioéconomique :

- l'évaluation socioéconomique d'un projet se fait par la comparaison entre deux situations, obtenues chacune dans le contexte futur défini par le scénario de référence constitué par les hypothèses d'évolution extérieures aux décisions du maître d'ouvrage : l'une, la situation de projet, obtenue si le projet est réalisé (choix et mise en œuvre de l'option de projet) ; et l'autre, la situation de référence, obtenue si le projet n'est pas réalisé (mise en œuvre de l'option de référence), en tenant compte de toute la durée de vie du projet ;
- l'option de projet est définie comme étant une modalité de réalisation du projet combinant, le cas échéant, les partis d'aménagements envisageables, leurs variantes de tracé, les possibilités de séquencement en tranches fonctionnelles et les modalités d'exploitation ;
- l'option de référence devrait être la situation optimisée la plus probable en l'absence de la réalisation du projet, à l'horizon considéré. Elle diffère donc d'un choix systématique d'intervention au fil de l'eau ou d'un choix systématique de maintien de la qualité de service. Elle ne comporte pas le projet étudié. L'option de référence sert de base à la comparaison des différentes variantes de projet étudiées.

1.2. Que doit comporter un scénario de référence ?

Un scénario de référence doit d'abord, sur la durée d'évaluation du projet, comporter les trajectoires d'évolution des paramètres nationaux communs à tous les secteurs : indicateurs démographiques et macroéconomiques (PIB, CFM[1], population), prix des biens et services les plus directement concernés (prix des énergies importées, de l'énergie, salaires, éventuellement taux d'intérêt, etc.). Cela implique d'avoir pris parti sur les grandes options politiques en matière macroéconomique, d'environnement et d'énergie. Le scénario de référence doit aussi définir les données spécifiques au secteur concerné.

(1) CFM : consommation finale des ménages.

Enfin, l'évolution de l'offre doit être considérée. Quand on s'intéresse aux investissements localisés comme ceux qui concernent une agglomération, le scénario de référence doit définir la politique de développement de l'agglomération, par exemple sur le plan spatial, en matière de logement et d'activités.

Ces trajectoires diverses doivent être examinées au regard des grands objectifs de politique publique à moyen et long termes. L'atteinte de certains de ces objectifs peut se traduire, de façon simple, sur un ou quelques paramètres. Pour d'autres objectifs la situation est plus complexe, tout particulièrement pour l'objectif « facteur 4 » car la réduction des émissions de CO_2 va se traduire différemment dans les paramètres et dans les résultats de l'évaluation des projets, selon la nature des mesures mises en œuvre et évolutions supposées[1].

Compte tenu des incertitudes à moyen et long termes dans de nombreux domaines, plusieurs scénarios de référence alternatifs doivent être envisagés. À titre indicatif, on pourrait imaginer deux scénarios contrastés présentant des trajectoires de référence compatibles avec les objectifs de politique publique à moyen et long termes, distinguant des modalités contrastées d'atteinte du facteur 4 suivant le développement plus ou moins important du progrès technique, et un scénario « fil de l'eau informé » prolongeant les tendances actuelles en tenant compte des mesures de politique publique déjà actées. Ces scénarios, de nature prospective, devraient également refléter les perspectives sociétales et les évolutions possibles en termes de cadre de vie et de démographie.

Les analyses correspondantes sortent du cadre de la présente commission, dans la mesure où elles impliquent des réflexions prospectives générales et des choix politiques majeurs ainsi qu'une coordination multisectorielle. On se limitera ici à illustrer en quoi pourrait consister un exercice purement sectoriel portant sur le champ des transports.

1.3. Esquisse d'un exercice sectoriel de scénario de référence : le cas des transports

Cet exercice devrait partir d'une maquette macroéconomique générale concernant quelques paramètres-clés et s'appuyant dans toute la mesure du possible sur les scénarios esquissés par les institutions internationales (Fonds monétaire international, Banque mondiale, Agence internationale de l'énergie), à confirmer ou modifier lorsque des études précises auront été faites sur le sujet.

À partir de là, il convient de fixer des règles d'évolution à long terme des valeurs unitaires et de simuler leurs effets ; de poser des bases pour l'élaboration de trajectoires d'évolution des trafics et de rations de performance (notamment taux d'accidentalité routière et émissions unitaires des véhicules, qui sont directement concernés par des objectifs de politique publique à moyen et long termes) ; de réaliser des analyses de cohérence des scénarios. Le tome 2 montrera, avec des scénarios

(1) Si l'objectif est atteint essentiellement par une réduction des émissions unitaires de CO_2, c'est principalement la partie « externalités CO_2 » de l'évaluation des projets qui se verra réduite ; si c'est par une réduction des trafics c'est toute l'économie du projet et donc toutes les composantes de son évaluation qui peuvent être touchées ; de même, les vecteurs de l'action publique peuvent avoir un effet direct sur la compétitivité relative des diverses solutions de transport, notamment à travers leurs effets sur les prix relatifs.

purement illustratifs, à quoi pourrait ressembler une telle démarche sectorielle, avec un panorama des derniers exercices connus sur ces thèmes.

Il conviendrait donc d'engager un exercice de définition de scénarios de référence selon les considérations décrites ci-dessus, étant précisé que cet exercice dépasse le mandat et les possibilités de la présente commission, en raison notamment des délais et travaux de recherche qui seraient nécessaires ainsi que de la nature des coordinations intersectorielles et des modalités de coordination avec les divers porteurs de politiques publiques concernés. Pour amorcer cet exercice, il est proposé **de réaliser des travaux complémentaires sur ce thème, qu'il convient maintenant de cadrer**.

Pour monétariser les effets du projet sur la durée d'évaluation, des hypothèses doivent être faites sur l'évolution à long terme de divers types de paramètres-clés :

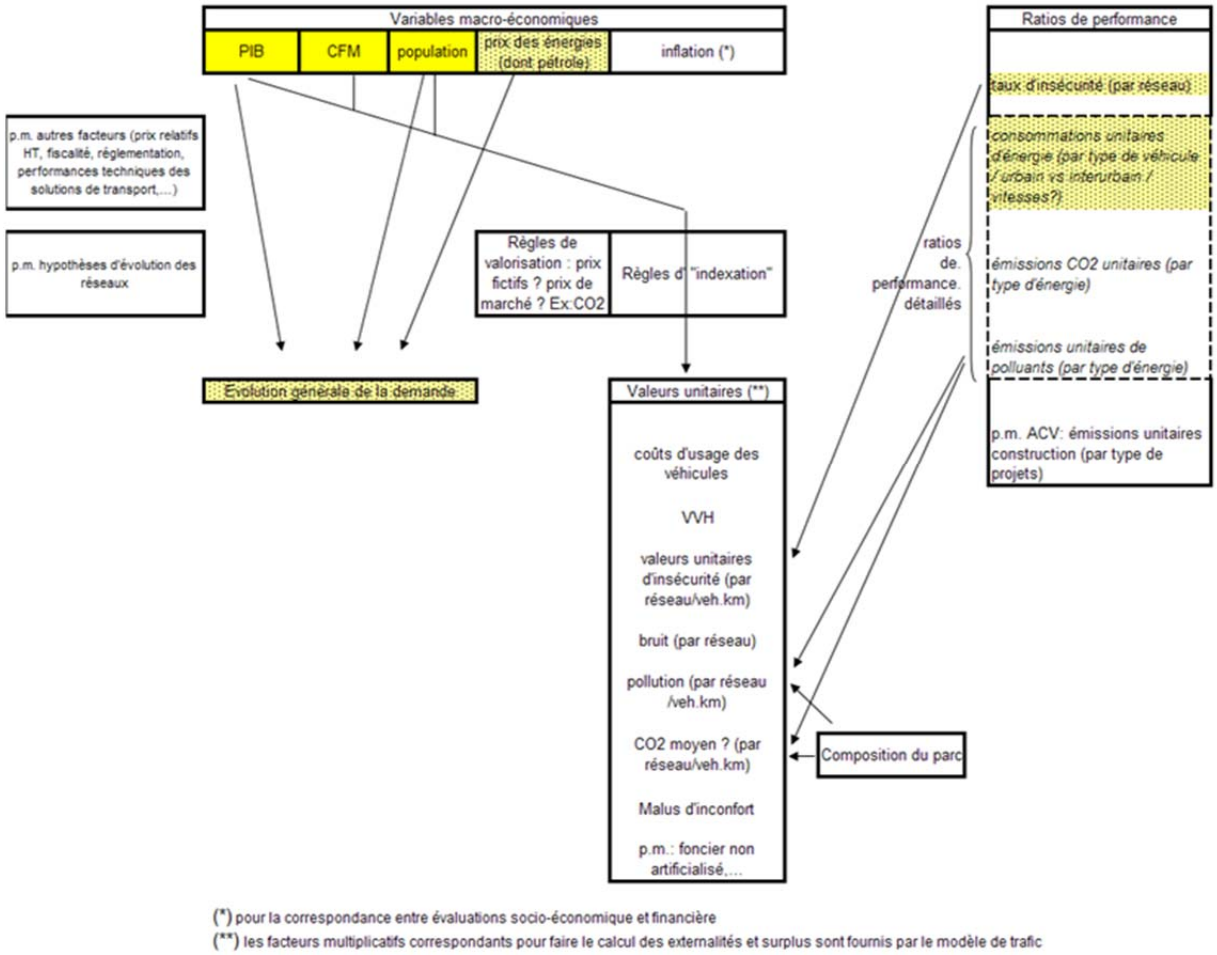
- les indicateurs socioéconomiques généraux (PIB, CFM, population, prix du pétrole, etc.) ;
- la croissance générale de la demande ;
- les prix relatifs des composantes unitaires de l'évaluation socioéconomique ;
- les « ratios de performance » utilisés pour les calculs des impacts.

En outre, les hypothèses d'évolution des réseaux sont essentielles pour établir le scénario de référence utilisé pour l'évaluation d'un projet, leur importance pouvant être majeure sur les résultats de l'évaluation monétarisée du projet. Cela devrait donner lieu à un scénario national d'évolution du secteur (par exemple liste des projets et des mesures réglementaires), explicite et commun à tous les projets. Dans le cas où la réalisation de certains projets qui auraient une relation notable de concurrence ou de complémentarité avec le projet étudié serait incertaine, il conviendrait de définir des scénarios de référence différenciés ou, plus simplement, de réaliser des analyses de sensibilité à la réalisation ou non des projets complémentaires et des projets concurrents. Ces hypothèses devraient être combinées de diverses manières pour appréhender de la façon la plus complète possible les effets de cette incertitude sur l'intérêt de réaliser le projet.

Les paramètres-clés sont liés entre eux *(voir schéma indicatif suivant)*, ce qui pose la question de leurs trajectoires d'évolution et de la cohérence avec le traitement du risque et de l'incertitude dans l'évaluation des projets : faut-il une trajectoire unique pour chaque paramètre ? Une trajectoire centrale et des tests de sensibilité ? Des scénarios différenciés, probabilisés ou non ?

On mesure l'importance du travail que nécessitera l'élaboration des trajectoires cohérentes sur l'ensemble des paramètres, travail très complexe et nécessitant des moyens et délais non négligeables.

Trajectoires de référence nécessaires pour évaluer les projets (horizon : 2012-2080)



Source : travaux de la commission

1.4. Constat et recommandations

Le choix d'un scénario de référence a un rôle majeur dans l'évaluation des projets et il doit être explicite : la prise en compte des effets à long terme et les durées d'évaluation, de l'ordre de 50 ans et plus, imposent de disposer d'hypothèses pour faire les calculs de l'analyse coûts-bénéfices (ACB) sur des périodes s'étendant jusqu'à 2070 ou 2080, voire au-delà.

Pour l'évaluation des projets, un scénario de référence doit regrouper un ensemble de trajectoires d'évolution portant sur divers paramètres, sur la durée d'évaluation du projet : indicateurs socioéconomiques généraux (PIB, CFM, population, prix du pétrole, etc.), indicateurs sectoriels (pour les transports : croissance générale des trafics régionalisée, et distinguant les types de trafic : transit, échange, local), prix relatifs des composantes unitaires de l'ACB, « ratios de performance » utilisés pour les calculs des impacts (émissions par véhicule.km, taux d'insécurité, etc.).

Cela pose la question de la cohérence des trajectoires avec les grands objectifs de politique publique à moyen et long termes. L'atteinte de certains de ces objectifs peut se traduire, de façon simple et localisée sur un ou quelques paramètres (ex : taux d'insécurité routière). Pour d'autres objectifs la situation est plus complexe, tout particulièrement pour l'objectif « facteur 4 » car la réduction des émissions de CO_2 va se traduire différemment dans les paramètres et dans les résultats de l'évaluation des projets, selon la nature des mesures mises en œuvre et évolutions supposées[1].

Ces scénarios doivent également intégrer des éléments plus qualitatifs, de nature prospective sur les modes de vie, les évolutions technologiques et l'organisation de l'espace, les politiques réglementaires et tarifaires des pouvoirs publics ou encore la démographie.

2. Le calcul des surplus

Cette section traite des calculs de surplus de l'usager, part essentielle dans l'évaluation socioéconomique des projets. Après une introduction intuitive à ce type de calculs, nous développerons la distinction entre le calcul de surplus « classique » utilisant les valeurs de référence, tout particulièrement les valeurs du temps, et le calcul de surplus à l'aide des fonctions d'utilité prises en compte par les modèles de trafic. Il est fortement souhaitable 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 *(voir par exemple le chapitre 2, section 4 sur les modèles de trafic)*. Quand il sera possible de procéder aux deux calculs, une comparaison des deux résultats obtenus s'imposera.

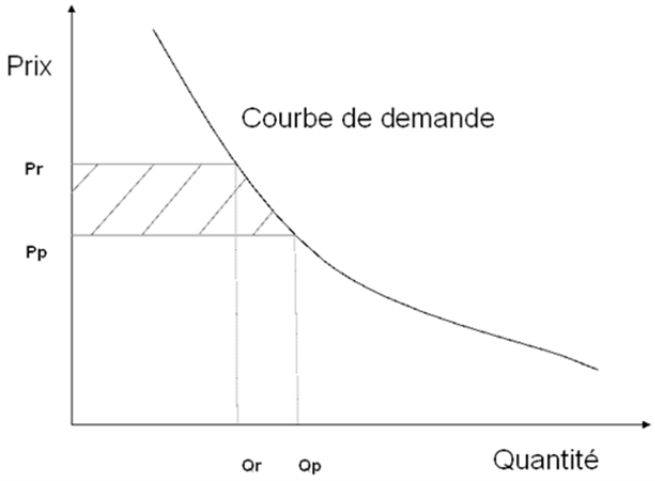
Diverses pistes de recherche sont identifiées sur ce thème.

2.1. Introduction intuitive aux calculs de surplus

Parmi les nombreuses manières d'introduire le surplus de l'usager, la plus simple est de partir des fonctions de demande et de se rattacher à la présentation classique de Jules Dupuit. Dans la présentation la plus générale, on considère la courbe de demande exprimant comment la quantité consommée d'un bien varie en fonction de son prix, les prix de tous les autres biens et le revenu du consommateur étant inchangés. Lorsque le prix du bien diminue, de Pr à Pp, il suffit, pour évaluer le surplus du consommateur, de considérer la variation de consommation du bien en question[2] ; le surplus du consommateur est représenté par l'aire hachurée dans la figure suivante.

(1) Si l'objectif est atteint essentiellement par une réduction des émissions unitaires de CO_2, c'est principalement la partie « externalités CO_2 » de l'évaluation des projets qui se verra réduite ; s'il est atteint par une réduction des trafics, c'est toute l'économie du projet et donc toutes les composantes de son évaluation qui peuvent être touchées. De même, les vecteurs de l'action publique peuvent avoir un effet direct sur la compétitivité relative des diverses solutions de transport, notamment à travers leurs effets sur les prix relatifs.
(2) En fait les quantités consommées des autres biens varient mais leur effet sur l'utilité du consommateur est du second ordre.

Courbe de demande et visualisation du surplus



Source : travaux de la commission

Dans cette représentation graphique, la quantité du bien est représentée en fonction de la seule variation du prix du bien lui-même, mais en fait cette quantité dépend des prix des autres biens, et tout spécialement des prix des biens les plus « proches » substituts ou compléments.

Dans le cas des transports, que nous allons plus particulièrement illustrer ici, les quantités sont les trafics (de l'itinéraire, ou du mode, ou du flux origine-destination, etc.) et ils dépendent non seulement des prix mais aussi de la qualité de service, généralement représentée par les temps de trajet. Les relations entre ces grandeurs sont fournies par le modèle de trafic qui estime quels sont les trafics (par itinéraire, par mode, etc.) en fonction des prix et des temps de trajet[1], sous la forme :

Qi = Fi(P1, P2,…Pi,…Pn ; T1, T2,…Ti,…Tn) que nous noterons pour simplifier
Qi = Fi [(Pi), (Ti)]

Le modèle de trafic décompose la demande totale en un certain nombre de segments afin d'obtenir des comportements suffisamment homogènes à l'intérieur d'un segment et différenciés entre les segments. Un segment correspondra, pour donner un exemple concret, au flux de déplacements pour motif professionnel entre la zone d'emploi A et la zone d'emploi B. Dans ce qui suit, sauf mention contraire, on se placera donc au niveau d'un segment de demande, auquel sont offertes n options pour effectuer son déplacement.

À partir de là, lorsqu'un investissement conduit à une variation marginale du prix d'une et d'une seule option 1 de P1 à P'1, la variation de surplus s'écrit par intégration, avec les hypothèses habituelles rendant licite cette intégration[2], sous forme :

$$\int F1 * dP1 \qquad (E1)$$

(1) Parfois également en fonction d'autres éléments comme le niveau de confort ou la fiabilité, mais les paramètres essentiels restent la plupart du temps le prix et le temps de parcours.
(2) En termes techniques, l'hypothèse la plus simple consiste à supposer que la fonction d'utilité sous-jacente est quasi linéaire, c'est-à-dire de la forme $-p + f(\varphi)$ où p représente le prix et φ l'ensemble des autres paramètres intervenant dans le choix de l'usager.

La situation la plus fréquente est que l'investissement change non seulement le prix mais aussi le temps de trajet. Considérons le cas où seul le temps de trajet change, en diminuant. Supposons pour simplifier que les temps de trajet interviennent sous la forme d'un coût généralisé de transport (CG), avec une valeur du temps constante. Alors la fonction de demande s'écrit :

$$Qi = Hi(\{Pj+h*Tj\}) = Hi(\{CGj\})$$

Les raisonnements et formules établis pour les prix s'appliquent aussi aux coûts généralisés et le surplus en cas de variation du temps de trajet ou de variation simultanée du prix et du temps de trajet de l'option 1 s'écrit :

$$\Delta S = - \int H1*dCG1 \quad (E2)$$

De ce fait, dans ce cas, la fonction de coût généralisé CG1 est la même pour tous les individus du segment, et ce coût généralisé peut être alors représenté en ordonnées.

Cas où le temps de trajet n'intervient pas sous une forme linéaire simple

Si Ti varie, les prix et les autres Ti restant constants, la variation de surplus est :

$\Delta S = \int P>Pr \left(\int (\partial Fi/\partial Ti) * dTi\right) * dP$

Cas où le temps de trajet varie en fonction du niveau de trafic

Jusqu'ici on a considéré que le temps de trajet était une variable exogène. Mais ce temps peut varier en fonction du niveau de trafic sur certaines parties du réseau emprunté par le segment de demande analysé. Il convient alors de prendre en compte la variation d'utilité correspondante, en sus des éléments pris en compte précédemment ; ainsi quand le trafic passe de Fi à Fi + dFi, chaque usager de l'option i voit son utilité varier de :

$$dU_{temps} = (\partial U/\partial Ti)*(\partial Ti/\partial Fi)* dFi$$

Cette correction correspond au fait que le nouvel arrivant prend en compte, dans son choix individuel, son propre temps de parcours et l'éventuelle congestion qu'il rencontre, mais qu'il ne tient pas compte de l'externalité qu'il crée sur les autres usagers. Ce type d'interaction, positive ou négative, peut se rencontrer également en-dehors du secteur transport, et des correctifs similaires sont alors à prévoir sur le calcul des surplus.

Autrement dit, à prix fixés et temps de trajet (hors Ti) fixés, si quelques usagers supplémentaires arrivent sur i, les usagers initiaux conservent le choix 1[1] et subissent l'externalité de congestion.

Pour le mode routier, les modèles de trafic utilisent généralement des courbes débit-vitesse qui permettent de relier niveau(x) de trafic et temps de parcours ; en modélisant de façon suffisamment fine les flux, ils arrivent à capter des effets indirects souvent complexes, en reproduisant un équilibre final résultant de multiples effets conjugués.

En pratique, si la fonction d'utilité est un coût généralisé linéaire tel qu'indiqué plus haut, on calcule la variation des temps de parcours totaux et on la valorise avec le coefficient h :

$$- h * \int F1*(\partial T1/\partial F1)\, dF1 = - h * \int F1*dT1 \quad (E3)$$

Et on tient compte en sus de (E1)[1]

(1) Exempté s'ils étaient indifférents entre i et une autre option k et basculent alors sur l'option k, mais cela est bien pris en compte dans la courbe de demande, qui représente le solde net des entrées et sorties de l'option i.

Quand h varie (cas des modèles prix-temps, par exemple) le calcul est un peu plus complexe mais similaire (on utilise la loi de distribution des valeurs de h et les valeurs d'indifférence de h qui rendent indifférent entre choisir l'option i et choisir une autre option). Pour des fonctions d'utilité moins simples mais de la forme – p +f (T) il est possible d'utiliser des méthodes similaires.

2.2. L'approche par les fonctions d'utilité utilisées dans les modèles de demande

Chaque individu est supposé valoriser chaque option i par une utilité Ui qui peut dépendre de pi et de Ti (supposée indépendante des autres choix et de leurs paramètres) ; cette formalisation couvre également l'absence de déplacement (représenté par exemple par l'indice 0 avec T0 = 0). La fonction d'utilité u peut avoir une forme simple, comme les coûts généralisés vus plus haut, ou des formes plus complexes.

Certaines formes de fonction d'utilité[2], si elles sont utilisées de façon cohérente sur l'ensemble des étapes du modèle de trafic, peuvent donner lieu à des formules de calcul explicites de la variation d'utilité globale des usagers entre deux situations caractérisées par des paramètres différents. Un autre cas favorable est celui où le modèle de trafic est capable d'identifier chaque individu (ou chaque petit groupe d'individus qui adopte systématiquement le même comportement) ainsi que son utilité initiale et son utilité finale ; on somme alors les variations d'utilité individuelles pour obtenir la variation d'utilité globale des usagers. Dans tous les cas, la connaissance des fonctions d'utilité détermine les surplus, et permet de les calculer numériquement.

Très souvent, cependant, le modèle de trafic ne se présentera pas dans ces cas favorables (fonctions d'utilité variant selon les étapes du modèle, induction de trafic estimée à part, etc.) : il convient alors de définir une procédure de calcul adaptée qui n'introduise pas de biais dans l'estimation finale de la variation de surplus des usagers.

Ce sujet est complexe. Le rapport détaillé figurant au tome 2 fournit quelques pistes pour aider à définir une méthode de calcul de surplus adaptée, en fonction des caractéristiques d'un modèle donné et des informations qu'il est capable de fournir sur l'évolution des comportements des usagers.

2.3. L'utilisation des valeurs de référence pour le calcul de surplus

Les valeurs de référence du temps (confort et fiabilité également) fournissent une version simplifiée et approximative de la fonction d'utilité des usagers, qui se traduit sous forme de coût généralisé quand on y ajoute les coûts monétaires pour l'usager.

On applique alors les principes indiqués ci-dessus au 2.1.

Si l'on ne dispose pas des courbes de demande mais uniquement des points de départ (situation sans projet) et d'arrivée (situation avec projet), la moins mauvaise

(1) Quand le prix P1 ne varie pas, (E1) donne 0 et ce qu'on y ajoute est bien égal à (E2).
(2) C'est le cas par exemple de la loi de Gumbel utilisée dans les modèles de type logit.

approximation consiste à extrapoler linéairement, ce qui correspond à la « règle de la moitié » utilisée classiquement[1].

La principale difficulté consiste à bien choisir la valeur du temps pour valoriser les variations de temps de transport.

a) En l'absence d'information détaillée fournie par le modèle de trafic, on pourrait être tenté d'utiliser la valeur du temps « tous modes » correspondant à la gamme de distances de l'origine-destination du segment considéré *(voir chapitre 2, section 5)*. Ce faisant, tout usager transféré serait compté à la même valeur horaire sur la part de la variation de surplus qu'il réalise dans chacun des deux modes. Mais on risquerait d'introduire un biais systématique, *a priori* positif en faveur des modes à valeur du temps faible, et négatif pour les modes à valeur forte. En outre, cette courbe comporte du trafic induit, correspondant donc à de nouveaux déplacements, pour lesquels c'est probablement une valeur de temps voisine de celle du mode choisi qui serait mieux adaptée qu'une valeur « tous modes ». Et cette observation est encore plus fondée pour les usagers qui conservent le choix i. Aussi, faute de mieux, il est préconisé de conserver pour valeur du temps la valeur modale de l'option i, pour l'ensemble de la courbe de demande.

b) Si l'on peut maintenant identifier les transferts entre options, on estimera alors plus précisément le trafic qui conserve l'option i, pour lequel la valeur du temps modal, correspondant à l'option i, sera à utiliser, et on aura des informations supplémentaires sur les ordres de grandeur des valeurs du temps des usagers qui basculent de i sur k (ou l'inverse). Faute d'autres éléments, on utilisera la moyenne des valeurs modales des options i et k pour valoriser les variations de coût généralisé de référence des échanges entre i et k. Pour le trafic induit qui s'exprime sur l'option i, on utilisera la valeur modale de l'option i[2].

Comme pour les valeurs de surplus estimées à partir des fonctions d'utilité des modèles, des recherches seraient à mener pour affiner ces méthodes de valorisation avec les coûts généralisés de référence[3].

2.4. Extensions

Si le changement de valeur de paramètres ne concerne pas un seul mais plusieurs biens – une seule mais plusieurs options –, par exemple, dans le cas des transports, deux modes ou deux itinéraires dont les prix et les temps de trajet changent simultanément, la situation est plus compliquée dans le cas général. Cette situation est explorée dans le rapport détaillé figurant au tome 2. Une autre extension est celle où interviennent deux agents : l'usager et l'opérateur du service. Elle est illustrée par l'encadré suivant.

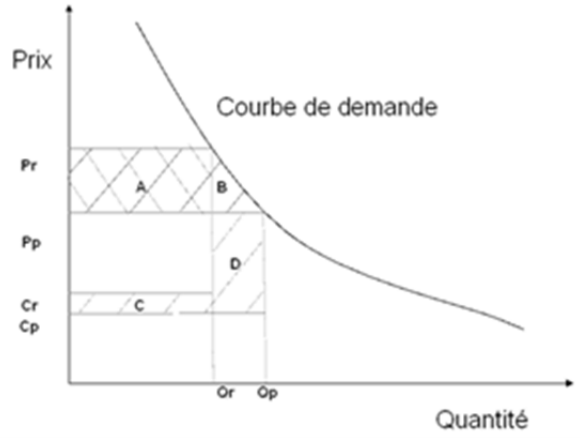
(1) On aura alors une légère sous-estimation ou surestimation selon que la courbe de demande est plutôt concave ou plutôt convexe.
(2) Des recherches seraient à mener pour affiner ces méthodes.
(3) Ainsi, la valeur du temps de référence pour chaque mode correspond en quelque sorte à une valeur moyenne issue des conditions de concurrence moyennes entre les modes. Le modèle de trafic, qui représente les conditions de concurrence entre les options, peut éventuellement permettre d'affiner, par exemple, la valeur du temps pour les usagers échangés entre modes (plutôt que prendre une moyenne simple entre les valeurs modales de référence, utiliser une moyenne pondérée différemment avec les informations issues du modèle sur les niveaux de concurrence). Cependant, tant que des travaux de recherche n'auront pas validé des méthodes plus précises, il conviendra d'utiliser des moyennes simples.

Commentaire sur le passage du calcul de surplus de l'usager au calcul de surplus collectif

En général, une grande partie de la variation de surplus de l'usager correspond à une variation exactement opposée du surplus du producteur du service de transport (c'est même la quasi-totalité dans le cas (E1)). Hors effets de congestion, ce qui est important, en valeur agrégée, correspond alors, d'un côté, à la variation de surplus des usagers transférés ou induits et, de l'autre côté, à la variation de profit du producteur, qui combine les effets de la variation de ses coûts de production et de la variation de ses marges *(voir chapitre 2, section 10 sur la concurrence imparfaite)*.

La variation du surplus collectif repose donc, d'un côté, sur la bonne représentation des basculements de choix entre les options offertes et, de l'autre, sur la bonne représentation des coûts (et le cas échéant de la concurrence imparfaite). Il convient également d'y ajouter les variations d'externalités.

Visualisation de la variation des surplus usagers et opérateur



Source : travaux de la commission

Le coût marginal de production est supposé constant pour simplifier, il est de Cr dans la situation initiale et de Cp dans la situation finale.

La variation de surplus des usagers correspond à la somme des aires A et B.

La variation pour l'opérateur correspond à la somme des aires C (amélioration de la marge sur le trafic initial) et D (marge sur le nouveau trafic), diminuée de l'aire A (perte de marge sur le trafic initial).

La variation globale pour usagers et opérateur correspond à la somme des aires B, C, D.

Ces commentaires montrent que le champ de recherches sur les modalités de calcul des surplus, déjà fort riche pour le surplus des usagers, l'est également au niveau du surplus collectif, et que les aspects concurrentiels peuvent y avoir une place déterminante.

3. Le risque et le système d'actualisation

L'évaluation socioéconomique des investissements doit tenir compte des nombreux risques auxquels est soumise leur rentabilité. Cette caractéristique longtemps négligée reçoit maintenant une attention accrue. Elle a été signalée et étudiée d'abord

dans le rapport Lebègue au moment de la révision du taux d'actualisation, un taux d'actualisation sans risque. Plus récemment le rapport Gollier, dans la continuité de cette réflexion, a fait un tour très complet des modalités selon lesquelles le risque frappe les projets d'investissement. Ce rapport a défini les méthodes permettant de les traiter, et a abordé précisément la relation qui existe entre la prise en compte du risque dans les évaluations et le système d'actualisation qui permet de ramener l'ensemble des flux économiques aléatoires réels d'un projet produit tout au long de la vie du projet en une valeur présente équivalente certaine.

Les travaux publiés depuis la sortie du rapport Gollier ne justifient pas de modifier les orientations de ce dernier alors que plusieurs de ses recommandations n'ont pas encore été mises en œuvre. Toutefois, le rapport avait laissé à des travaux ultérieurs la révision du taux d'actualisation qu'imposait nécessairement l'introduction d'une prime de risque dans les calculs ainsi que les modalités précises de mise en œuvre du nouveau système d'actualisation. Ce point méritait d'être précisé de manière plus approfondie.

Cette section reprend les aspects les plus importants des recommandations de ces deux rapports. Elle insiste d'abord sur les points cruciaux de l'identification et du traitement du risque dans les projets. Elle rappelle ensuite les modalités de traitement des risques diversifiables, notamment du biais d'optimisme qui fait l'objet de nombreuses recherches et études dans les pays étrangers. Elle se centre enfin sur l'élaboration conjointe du système d'actualisation et du traitement du risque systémique.

3.1. Le rapport Lebègue : le taux d'actualisation dans le cadre d'une prise en compte du risque

3.1.1. Révision du taux d'actualisation : vers un taux sans risque

Dans les années 1980, le taux d'actualisation de 8 % faisait l'objet de contestations assez fortes notamment parce que son usage conduisait mécaniquement à minorer considérablement ce qui se passe dans un futur éloigné. Sa révision a été décidée à la suite du rapport d'audit sur les grandes infrastructures de transport publié par l'Inspection générale des Finances et le Conseil général des Ponts et Chaussées début 2003, qui conduisait à rejeter bon nombre de projets d'investissements dont la rentabilité était jugée insuffisante.

Le taux d'actualisation se trouvait ainsi au centre d'une polémique qui imposait d'engager une révision maintes fois repoussée. Ne pas réviser le taux risquait en effet de fragiliser le calcul économique.

La révision du taux d'actualisation a obligé à démonter les argumentaires et à poser la question plus théorique de la signification du taux d'actualisation public – ce qu'il était et ce qu'il n'était pas –, puis à procéder à sa révision en proposant un nouveau calibrage, ce qui fut l'objet du rapport Lebègue.

Les principales propositions du rapport Lebègue

- $\alpha = \delta + \gamma\mu_c - \frac{1}{2}\gamma^2\sigma_c^2$ Le taux d'actualisation public est unique et s'applique de manière uniforme à tous les projets d'investissement publics considérés et à tous les secteurs d'activité. S'écarter de ce principe conduirait à accepter systématiquement des incohérences importantes dans l'allocation des ressources publiques.
- Le taux d'actualisation est calculé hors prime de risque. La prise en compte du risque ne doit pas se faire par le biais d'une augmentation implicite du taux d'actualisation. Le risque doit être traité pour lui-même au niveau de l'évaluation de chacun des projets tant pour les prévisions de quantité que pour celles de prix.
- Le taux d'actualisation se comprend comme l'ensemble formé par la valeur du taux d'actualisation lui-même et un système de prix relatifs des biens dans lequel notamment le prix de l'environnement croît nettement par rapport aux autres.
- Le taux d'actualisation est un taux réel et doit donc être utilisé dans des calculs effectués en monnaie constante (hors inflation).
- L'expression du taux d'actualisation dans le cas simple où le taux de croissance de l'économie suit une loi gaussienne constante dans le temps fait apparaître trois termes.
- $r_f = \delta + \gamma\mu - 0.5\gamma^2\sigma^2$, le taux de préférence pure pour le présent (δ), un terme renvoyant à un effet richesse (en investissant pour l'avenir dans une économie en croissance, on appauvrit les générations présentes au profit des générations futures relativement plus riches du fait de la croissance ; ceci n'est désirable que si la rentabilité du projet est suffisante pour compenser l'accroissement des inégalités intergénérationnelles) et un terme dit de précaution (l'incertitude sur la croissance justifie un effort supplémentaire).
- On considère le cadre de référence suivant : un taux de préférence pure pour le présent $\delta = 1\%$, une élasticité de l'utilité marginale de la consommation $\gamma = 2$, et un taux de croissance économique de $\mu = 1{,}5\ \%$. Dans ce contexte, il est socialement désirable de choisir un taux d'actualisation pour les projets sans risque de $r_f = 1\% + 2 \times 1{,}5\% - 0\% = 4\%$
- En pratique, le rapport Lebègue a considéré qu'il y avait une incertitude sur le trend de croissance de la consommation. Il a décidé de supposer que μ était égal à 2 % avec probabilité 2/3, ou 0,5 % avec probabilité 1/3. Cette incertitude n'a pas d'effet sur le taux court, qui reste à 4 % dans cette nouvelle configuration. Par contre, l'effet précaution est important pour les horizons longs, et le taux d'actualisation des flux sans risque tend vers 2 % pour des horizons très longs. Entre les deux, la structure par terme est décroissante.
- La commission Lebègue a recommandé de choisir un taux constant de 4 % pour des maturités inférieures à 30 ans. Au-delà, pour une maturité t supérieure à 30 ans, le facteur d'actualisation est égal à $(1{,}04)^{-30}\ (1{,}02)^{-t+30}$.
- Finalement, il faut tenir compte des phénomènes de cycle macroéconomique et de variation de nos anticipations de croissance à court et moyen termes. Ceci justifie que ce taux fasse l'objet de révisions périodiques tous les cinq ans, pour éviter d'être en déphasage avec les principaux indicateurs macroéconomiques (croissance potentielle du pays, évolution des taux d'intérêt à long terme variables démographiques, maintien de la croissance de la productivité du travail, profil de la population active à la suite de la réforme des retraites, etc.). Cette révision doit s'appuyer sur un exercice de prospective sur la croissance économique.

Source : rapport Lebègue (2005)

3.1.2. Identification et traitement du risque : l'enjeu fondamental

Le rapport Lebègue a clairement établi que le taux d'actualisation détermine la valeur de bénéfices certains futurs en termes de bénéfice certain présent et qu'il doit être révisé régulièrement dans le cadre d'une prospective de la croissance économique. Il a écarté dans la détermination du taux d'actualisation public la prise en compte du risque. Il a défini un taux d'actualisation dit sans risque estimant que le risque de chaque projet devait être appréhendé, par ailleurs, pour lui-même. Ainsi, la question de la prise en compte du risque et de l'incertitude de chaque projet n'est pas fondamentalement liée au taux d'actualisation mais à la capacité de traiter correctement les risques associés à un projet et à les intégrer clairement dans les calculs effectués. Le rapport posait comme principe général que la prise en compte du risque dans les analyses socioéconomiques ne devait pas conduire à relever le taux d'actualisation en jouant sur le dénominateur de la VAN, mais qu'elle devait passer au contraire par une objectivation du risque associé à chaque flux économique anticipé au numérateur.

Ainsi, jusqu'à présent, les administrations se protégeaient des risques et du fréquent optimisme des évaluations de projet en retenant un taux de rendement élevé sur les fonds publics investis. La prise en compte des risques était alors implicite, mais forfaitaire et indiscriminée. Cela était dommageable à l'allocation du capital dans l'économie, avec un surinvestissement dans les projets très risqués, et un sous-investissement dans les projets peu risqués qui constituent une assurance collective contre le risque macroéconomique. Le rapport Lebègue souhaitait clairement qu'on explicite les risques dans le calcul, en allant au-delà des seules analyses de sensibilité qui ont le mérite d'exister et d'apporter un premier éclairage sur les risques mais qui restent insuffisamment opérantes dans une perspective décisionnelle. Il estimait enfin que les bilans socioéconomiques d'un projet déterminés sur la base de très nombreuses données – bénéfices, excédent brut d'exploitation (EBE), coûts prévisionnels, taux d'intérêt, cadrage macroéconomique – fixées dans le cadre d'un scénario central cohérent traitaient de manière insuffisante le risque.

L'approche recommandée conduisait, dans un premier temps, à identifier les risques et aléas, puis à décrire leurs conséquences sur les paramètres qu'ils affectent, en établissant leurs distributions de probabilité sur la base des informations disponibles, les distributions de probabilité des principaux indicateurs de rentabilité des projets (taux de rendement interne, valeur actualisée nette, bilans par acteur, etc.) pouvant être déterminées *via* un noyau de simulations numériques de type Monte-Carlo.

Cette approche semblait apporter une valeur ajoutée notable aux études à plusieurs titres :

– ***elle améliore la fiabilité des études économiques.*** En effet, par nature, le fait de travailler dans le cadre de scénarios de projets n'incorpore qu'une information globale et approximative sur la variabilité des paramètres et leurs corrélations ; de plus les valeurs centrales des indicateurs de rentabilité ou de coût ne correspondent pas forcément à leurs espérances, lesquelles peuvent différer notablement. L'utilisation d'analyses de risque probabilistes permettrait de dépasser ces insuffisances pour peu que les lois soient estimées convenablement, et en particulier qu'un effort soit porté sur le recueil et l'exploitation des données permettant de les calibrer ;

- *elle accroît l'information mise à la disposition des décideurs.* La détermination de distributions de probabilité des paramètres permet notamment d'apporter des éléments de réponse à des questions mal traitées par les tests de sensibilité : probabilité d'accroissement majeur des coûts, de baisse des recettes, de déchéance des concessionnaires ;
- *elle assure une meilleure identification des risques.* L'évaluation quantitative de leurs conséquences permet également une meilleure répartition entre les acteurs ainsi que la détermination précise des contreparties financières correspondantes. Dans le cadre plus global d'une stratégie de gestion des risques, elle permet d'évaluer l'intérêt économique de mesures contribuant à réduire ces risques.

Le rapport Lebègue notait en conclusion que la principale limite de ces analyses résidait dans la difficulté de probabiliser les conséquences de certains risques. Cela semblait particulièrement vrai pour les gros projets, pour lesquels aucune expérience historique réellement comparable n'existe. Par ailleurs, la précision des résultats quantitatifs obtenus pouvait faire oublier que la qualité des entrants des modèles reste le facteur déterminant. Il apparaissait néanmoins souhaitable de chercher à probabiliser les paramètres tant que faire se peut, y compris dans le cas où les informations disponibles restaient fragmentaires, et de présenter des scénarios uniquement quand l'incertitude sur les distributions de probabilité apparaissait trop grande ou en présence de risques de nature politique ou d'incertitudes radicales.

Le rapport notait enfin que d'un point de vue pratique, l'introduction de cette technique d'analyse dans les études économiques des projets restait faiblement novatrice, les cabinets d'études privés possédant une bonne expertise en la matière, acquise sur des études à caractère financier. Il estimait que le coût marginal lié à l'introduction de ces analyses dans les études d'avant-projets devait en conséquence rester limité.

3.2. Le rapport Gollier : l'intégration systématique du risque dans les évaluations socioéconomiques

Le rapport Gollier a présenté une analyse très complète des risques auxquels est soumis un projet et des modalités selon lesquelles ils devaient être traités. L'un de ses apports majeurs est d'avoir mis en exergue le fait que le calcul économique public ne pouvait pas faire l'impasse sur les risques systémiques contre lesquels les États ne peuvent pas se prémunir et pour lesquels il n'y a pas de mutualisation possible. La crise financière actuelle exceptionnelle, notamment celle de la zone euro, vient rappeler qu'il n'est pas souhaitable d'écarter une aversion pour le risque macroéconomique. Dès lors, il est justifié de favoriser les projets peu corrélés avec la croissance économique (qui font office d'assurance) par rapport à ceux dont les avantages sont au contraire très sensibles à la croissance économique.

Des recommandations qui restent d'actualité et doivent être appliquées

Le rapport formule six recommandations principales pour l'optimisation des décisions publiques face aux risques :

1. Intégrer systématiquement les risques dans l'évaluation économique des projets d'investissement en cherchant à les identifier, à les qualifier puis à les quantifier.

2. Utiliser, dans les calculs, des démarches probabilistes et raisonner sur les lois statistiques suivies par les gains et les coûts engendrés par le projet.
3. Introduire une prime de risque positive (négative) dans les calculs lorsque les fondamentaux du projet sont positivement (négativement) corrélés à l'activité économique.
4. Lancer une révision du taux d'actualisation sans risque destinée à le rendre compatible avec la valeur de la prime de risque utilisée dans le calcul.
5. Mieux valoriser les projets qui favorisent la flexibilité dans les situations d'incertitude.
6. Intégrer le calcul économique du risque dans le cadre d'une posture générale de maîtrise des risques (cadre cohérent entre les secteurs, production stratégique de l'information, travail de veille et capitalisation des données, développement de la contre-expertise, etc.).

Il apparaît nécessaire, deux ans après la sortie de ce rapport, de revenir plus particulièrement sur ces recommandations en distinguant celles qui concernent l'analyse du risque en général et celles relatives à la prise en compte du risque systémique en liaison avec le taux d'actualisation. Pour les premières, le groupe de travail souhaite insister sur la nécessité d'une analyse globale du risque et sur l'importance très significative, notamment dans le secteur du transport, du biais d'optimisme. Pour les secondes, le groupe de travail a repris le débat qui avait été laissé en suspens pour finaliser les points qui faisaient difficulté, ceux relatifs à l'intégration du risque systémique dans les calculs aussi bien sur la méthode à utiliser que sur le calibrage des formules proposées.

3.3. Le traitement du risque diversifiable et la question particulière du biais d'optimisme

Le rapport Gollier insiste fortement pour que l'analyse des aléas ne soit pas uniforme mais repose bien sur un traitement diversifié des situations. Il distingue notamment le traitement du risque dit diversifiable du risque dit systémique (sensibilité des avantages du projet à la croissance économique) pour lequel la collectivité ne peut faire jouer la mutualisation. Ce dernier, sur lequel le groupe n'avait pas pu conclure, sera repris et traité dans le point suivant. En effet, parmi les risques présentés par un projet, les risques diversifiables au niveau de l'économie (ou mutualisables par un entrepreneur privé dans le cas d'un PPP, partenariat public-privé) ne doivent pas être négligés. Leur occurrence et leur sévérité sont majeures dans l'évaluation des projets.

3.3.1. Le biais d'optimisme

Concernant l'analyse des risques diversifiables, le groupe de travail souhaite attirer l'attention sur l'importance de certains d'entre eux liés en particulier au biais d'optimisme. L'analyse du passé montre facilement les écarts importants qu'on peut observer dans les études entre ce qui était prévu et ce qui a pu être constaté *in fine* : c'est le cas des coûts d'investissement, de maintenance et d'exploitation et à un moindre degré des évaluations de clientèle. Ces deux cas de figure sont typiques de ce qu'on qualifie de biais d'optimisme dont la collectivité doit se prémunir. Les écarts entre les prévisions et la réalité peuvent être considérables et ces erreurs sur ces

éléments structurants des études peuvent conduire à changer du tout au tout le bénéfice attendu du projet et donc les conclusions mêmes de l'analyse.

Le groupe de travail souhaite rappeler l'importance de ces phénomènes bien connus de la littérature et qui nuisent considérablement à la qualité des études.

Le biais d'optimisme est relativement bien documenté au niveau international. Bent Flyvberg[1] en particulier a mis en évidence, au niveau des grands projets dans le secteur des transports, des sous-estimations systématiques des coûts, dans des proportions allant de 20,4 % pour les projets routiers (167 projets analysés) à 64,7 % pour les projets ferroviaires (69 projets analysés). Les surestimations des trafics sont moins marquées pour les projets routiers, on constate même une légère sous-estimation en moyenne de 9,5 %. En revanche, pour les projets ferroviaires, la surestimation des trafics est à peu près d'un facteur 2. L'auteur signale en outre que des résultats similaires se constatent dans les autres secteurs d'activité.

Même si, en France, les défauts apparaissent moins accusés qu'à l'étranger *(cf. la contribution sur les études ex-post)* on ne peut se satisfaire de décalages importants entre les prévisions de rentabilité et la réalité constatée, décalages qui ébranlent la confiance qu'on peut accorder aux prévisions et de manière générales aux études. Cela aboutira, dans l'élaboration des programmes, à anticiper des projets de façon indue, et conduira au total à une allocation inefficace des ressources publiques.

Comme le rappelle le rapport Gollier, la solution qui est souvent évoquée, à savoir accroître les estimations de coûts et réduire les estimations de clientèles à due concurrence des erreurs moyennes observées dans le passé, ne peut être employée systématiquement, en raison des manipulations auxquelles elle donnerait lieu et de son caractère déresponsabilisant. On peut toutefois s'inspirer de cette idée, notamment pour les estimations de coûts. Les directions les plus simples en ce sens seraient de prévoir une somme à valoir pour divers et imprévus, spécifiquement dimensionnée et argumentée, tenant compte par exemple du caractère éventuellement novateur, donc mal connu du projet, et des aléas que l'étude technique aurait fait apparaître. Cette provision devrait être d'autant plus forte que la maturation du projet est peu avancée.

Au-delà de cette mesure simple mais d'efficacité limitée, des solutions allant plus profondément à la racine du mal doivent être mises en œuvre :

– en termes de coûts, il convient d'examiner l'étude technique en l'auditant poste par poste. Mais à côté de la démarche analytique qui conduit à une estimation globale de l'ouvrage en sommant les estimations de nombreux postes élémentaires, il est tout aussi important d'adopter une démarche synthétique en comparant le coût global à celui d'ouvrages similaires. Cette comparaison sera facilitée par l'analyse *ex-post* du plus grand nombre possible de projets, permettant d'élaborer des classes de projets, et reliant les coûts aux grandes caractéristiques du projet par exemple en termes de nature et topographie du terrain ou de nature des abords ;

– en termes de clientèle, la réduction des biais passe par la qualité du modèle ayant servi à établir les prévisions et des données l'ayant nourri. À cet objectif

(1) Flyvberg B. (2009), « Survival of the unfittest: Why the worst infrastructures gets built and what we can do about it », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 25, n° 3, p. 344-367.

concourent les procédures d'audit et de certification proposées dans la partie correspondante du rapport. Une autre source de biais réside dans le choix des variables exogènes au modèle telles que la croissance économique, la tarification ou les conditions d'exploitation de l'infrastructure et des services concurrents. On doit regretter que sur ces hypothèses fondamentales les évaluations soient souvent trop laconiques et il faut recommander que les choix faits soient davantage explicités et justifiés ;

– enfin, il faut souligner que de nombreuses études et recherches se développent sur ces sujets, en raison de l'importance majeure que revêt la lutte contre le biais d'optimisme pour la fiabilisation des études d'évaluation socioéconomique (voir en particulier les travaux de Flyvberg sur les classes de référence, ainsi que par exemple ceux de Leleur et Salling qui développent des logiciels fondés à la fois sur la synthèse des enseignements des études *ex-post* et sur des jugements d'experts[1]).

3.3.2. La dispersion des estimations

Au-delà du biais d'optimisme, les estimations comportent une forte dispersion, par exemple quand on compare les études *ex-post* et les résultats *ex-ante*. Les études menées par Flyvberg font apparaître des écart-types élevés, d'un ordre de grandeur similaire au biais d'optimisme. Des incertitudes de ce type ont de multiples influences néfastes sur la rentabilité des investissements : elles obèrent les conditions de financement et d'implication des opérateurs privés ; pour les opérations à financement public, elles perturbent le bon déroulement de la planification, obligeant à retarder ou ralentir certaines opérations pour financer les dépassements d'autres opérations, avec des coûts supplémentaires importants.

Les risques qu'elles traduisent sont d'origines multiples. Les unes tiennent aux paramètres des modèles successifs dont la chaîne aboutit à l'évaluation globale : modèles de clientèle, modèles de calcul des surplus, etc. Les paramètres en cause sont par exemple la valeur du temps, l'élasticité de la demande, etc. Les autres tiennent à ce qu'on appelle les variables exogènes, ces paramètres qui traduisent des évolutions futures et qui sont souvent les moins bien connus. Ces risques sont du type de ceux sur lesquels se centrent les analyses financières de projets faites notamment par les organismes de financement dans les cas de financement privé, et bien sûr, l'analyse de risque se limite alors pour ces acteurs aux aspects financiers de l'évaluation. Il existe enfin, si l'on se place du point de vue de la personne publique porteuse du projet, des risques dont le niveau dépend du mode de réalisation du projet (MOP[2] ou PPP) afférents à la tenue des coûts et des délais de réalisation.

Les méthodes de probabilisation utilisées couramment dans ces cas peuvent se transposer à l'analyse socioéconomique. Elles fournissent des indications précieuses sur les risques et les erreurs possibles ; elles permettent par exemple, dans leur mise en œuvre la plus complète, de tracer la courbe de répartition des indicateurs de rentabilité ; dans leurs versions moins élaborées, elles fournissent les valeurs de ces indicateurs pour des scénarios bien choisis *(voir la contribution de Stéphane Gallon)*. On insistera particulièrement sur l'importance (démarche prudentielle) du choix des lois de probabilité utilisées qui doivent faire l'objet *a minima* d'une présentation motivée et si possible d'une validation par les autorités (académiques, ministérielles). Il

(1) Par exemple, Salling K. B., Leleur S. et Pilkauskiene I. (2013), « The UNITE-DSS modelling framework and software for risk simulation », *Working Paper*, Technical University of Denmark.
(2) MOP : maîtrise d'ouvrage public.

convient de réaliser systématiquement des tests de sensibilité sur les variables les plus sensibles (les « stress tests »), d'engager des recherches sur les lois de probabilité des principales variables des calculs (PIB, prix des énergies, élasticité de la demande au PIB, etc.). Enfin, la prise en compte des incertitudes radicales doit être appréhendée par des constructions de scénarios. Ces recommandations rejoignent et généralisent les recommandations d'études de sensibilité présentées dans la section relative à la modélisation de la demande.

La mise en œuvre réelle et efficace et plus systématique de l'outil suppose de disposer de modèles simplifiés sous peine de se heurter assez vite aux capacités de calcul des ordinateurs. Le développement de méta-modèles permet de pallier ces difficultés.

3.3.3. Les effets d'options réelles

Les analyses financières de risques traitent aussi d'une catégorie particulière de risque, celui qui résulte, non plus de la valeur aléatoire des paramètres, mais de la nature aléatoire de certaines évolutions, aboutissant à des traitements du type « valeur d'option ». Ainsi les avantages retirés chaque année d'un investissement connaissent en général, autour d'un trend régulier, des accroissements qu'on peut, en première analyse, assimiler à un mouvement brownien. Ce type d'évolution est de même nature que celui que connaissent les actifs financiers cotés sur un marché, et on sait que le moment où il faut les réaliser dépend de la nature du processus qu'ils suivent et en particulier de l'écart-type de ce processus. Il en est de même pour les décisions d'investissement (voir par exemple les travaux de Pindyck). La note jointe de Bernard Lapeyre montre que par rapport à la situation où ce type d'aléas n'existe pas, la tactique optimale conduit à reculer la date de réalisation d'un nombre d'années qui dépend de la volatilité du processus. Ce point sera repris dans la section suivante sur l'éligibilité des projets, où il sera recommandé de procéder à des approfondissements sur ce sujet pour mieux en explorer les conséquences.

Au total, la commission souhaite qu'on renforce de manière explicite la qualité argumentaire des études sur l'ensemble de ces paramètres :

- des tests de sensibilité sur les résultats doivent être systématiquement présentés ; les probabilités et les fourchettes des valeurs utilisées sont des outils permettant d'objectiver les précautions prises sur certaines valeurs importantes du calcul ;
- les méthodes de scénarios peuvent permettre également de situer la sensibilité d'un projet dans des cadres contrôlés et montrer ainsi la sensibilité des résultats globaux. Ces méthodes permettent par exemple, dans leur mise en œuvre la plus complète, de tracer la courbe de répartition des indicateurs de rentabilité ; dans leurs versions moins élaborées, elles fournissent les valeurs de ces indicateurs pour des scénarios bien choisis *(voir la contribution de Stéphane Gallon)*. Les techniques de valeurs d'options peuvent par ailleurs alimenter une réflexion lorsqu'on se trouve devant des incertitudes radicales ;
- des cadres normés de référence doivent pouvoir être proposés par l'administration, à charge pour les évaluateurs d'expliquer les différences entre ces cadres reconnus et ceux qu'ils retiennent. On insistera particulièrement sur l'importance (démarche prudentielle) du choix des lois de probabilité utilisées qui doivent faire l'objet *a minima* d'une présentation claire et motivée et si cela est possible d'une validation par les autorités (académiques, ministérielles) ;

- les études doivent pouvoir être systématiquement contre-expertisées pour faire apparaître les « croyances implicites » des évaluateurs ;
- ces cadres doivent être alimentés par un effort récurrent de recherche et faire en sorte que les études de références puissent être validées par un processus de publication scientifique dans des revues à comité de lecture ;
- les modèles utilisés *(voir les propositions du rapport sur ce point)* doivent également faire l'objet d'audit général permettant aux décideurs de repérer, de comprendre les biais, fragilités intrinsèques des modèles utilisés ;
- des recherches sur les lois de probabilité des principales variables des calculs (PIB, prix des énergies, élasticité de la demande au PIB, etc.) doivent être entreprises ;
- notons enfin que la mise en œuvre réelle et efficace et plus systématique de l'outil suppose de disposer de modèles simplifiés sous peine de se heurter assez vite aux capacités de calcul des ordinateurs ; le développement de méta-modèles permet de pallier ces difficultés. Ces modèles simplifiés dont la construction est plus simple à apprécier et contrôler peuvent aussi représenter des garde-fous utiles.

3.4. Le risque systémique et le taux d'actualisation : calibrage cohérent du taux sans risque et de la prime de risque

3.4.1. Les conclusions du rapport Gollier

La question principale non résolue par le rapport Gollier réside dans le calibrage d'une prime de risque, calibrage qui ne pouvait être engagé raisonnablement sans traiter simultanément celui du taux d'actualisation sans risque du rapport Lebègue, ce que la commission Gollier n'avait pas la légitimité de faire. La problématique générale consiste à choisir un taux sans risque permettant de piloter l'arbitrage entre consommations présente et future d'une part, et une prime de risque permettant d'arbitrer entre différents projets d'avenir aux risques hétérogènes d'autre part. Deux prix pour deux objectifs donc.

Avant de reprendre la détermination de ces deux prix ici, il convient de rappeler précisément la proposition faite dans ce rapport sur des outils adaptés à certaines catégories de risques.

Si l'on considère les évaluations des projets pour lesquels un calcul probabilisable est possible, il existe deux situations :

- lorsque les risques sur les flux économiques positifs et négatifs du projet (flux réels ou issus de la monétarisation des effets environnementaux) sont à la fois faibles en eux-mêmes et indépendants du risque macroéconomique, c'est-à-dire de l'évolution générale de l'économie mesurée typiquement par le PIB par habitant, et pour une date de réalisation qu'on s'est fixée, il suffit de calculer la VAN en prenant l'espérance mathématique de ces flux. Cette recommandation est l'application immédiate du théorème d'Arrow-Lind. Lorsqu'une communauté est capable de mutualiser efficacement les risques liés à un projet, elle doit rester neutre face aux risques de taille réduite par rapport au revenu agrégé. Elle effectue alors ses analyses coûts-bénéfices en ne considérant que les bénéfices et les coûts espérés, qu'elle actualise au taux sans risque. Le coût des assurances

permettant de couvrir les coûts est alors compris dans les coûts du projet. Aucune prime de risque ne doit intervenir ;

– en revanche, si les risques sur ces mêmes flux économiques, même s'ils sont marginaux, sont corrélés au risque sur la croissance économique, une prime de risque devra être prise en compte dans le calcul de la VAN, de manière à pénaliser les projets qui accroissent le plus le risque collectif, et à donner un bonus aux projets qui assurent la communauté contre ce risque collectif. Cette prime sera donc déterminée à partir de la spécification des corrélations qui existent entre l'évolution de ces flux et la croissance économique. Cette prime vient diminuer les flux d'avantages annuels du projet ; sous certaines conditions, on peut maintenir les espérances des avantages annuels au numérateur, à condition d'ajuster le dénominateur de façon à aboutir à la même valeur de VAN corrigée. Cette dernière approche consiste donc dans des cas précis à pondérer le taux d'actualisation sans risque. Dans le cas où l'aléa macroéconomique et l'aléa sur les flux engendrés par le projet sont issus d'un mouvement brownien, la formule initiale, caractérisant le taux d'actualisation r, se modifie d'un paramètre supplémentaire qui tend à accroître le taux d'actualisation :

$$r = r_f + \beta\phi \qquad (1)$$

avec

$$r_f = \delta + \gamma\mu - \frac{1}{2}\gamma^2\sigma^2 \quad \text{et} \quad \phi = \gamma\sigma^2. \qquad (2)$$

r_f et φ représentent respectivement le taux sans risque et la prime de risque systématique, le coefficient β – ou les coefficients β lorsque le projet comporte des avantages ou coûts qui ont des corrélations différentes avec l'évolution macroéconomique – est relatif au projet à évaluer. Il représente la variation moyenne du bénéfice socioéconomique du projet (exprimé en %) lorsque le PIB/hbt varie. Le paramètre δ est le taux de pure préférence pour le présent, tandis que γ est le coefficient d'aversion relative pour le risque. Finalement, μ et σ représentent respectivement l'espérance et l'écart-type du taux de croissance du PIB/hbt.

3.4.2. Le calibrage des principaux paramètres

Le rapport Gollier offrait donc deux paramètres (r_f et ϕ) pour deux objectifs : le niveau général des sacrifices à consentir par les générations présentes envers l'avenir, et l'allocation de ces sacrifices entre projets très risqués ou moins risqués. Un taux sans risque trop faible conduit à un excès d'investissements, tandis qu'une prime de risque trop faible conduit à une prise de risque collective trop importante. Si on pense que le portefeuille de projets à évaluer a un bêta moyen autour de 1, le taux d'actualisation moyen se rapprochera de $r_f + \phi$.

La prime de risque macroéconomique (ou systématique) ($\phi = \gamma\sigma_c^2$) intègre à la fois la volatilité de l'économie (σ_c^2) et l'aversion relative de la collectivité pour le risque (γ). La prime de risque spécifique à un projet est proportionnelle à la prime de risque macroéconomique, le coefficient de proportionnalité spécifique au projet étant comme on l'a vu le – ou les – β. Il reste à fixer les valeurs de ces paramètres.

Les experts consultés au moment du rapport Gollier, la littérature mobilisée, les pratiques observées, ainsi qu'une simulation sur la base de modèle de Barro[1] avaient conduit la commission Gollier à proposer, pour la prime de risque, une valeur[2] de référence de l'ordre de 3 %, et à titre conservatoire de faire des tests de sensibilité sur une plage de valeurs comprises entre 1 % et 3 %.

Le rapport n'avait pas voulu engager plus avant le calibrage des bêtas, notamment parce que les bêtas qu'il faut prendre en compte sont des bêtas « socio-économiques » qui traduisent la corrélation entre la croissance économique d'une part et, d'autre part, la somme des flux financiers et extra-financiers (effets externes) engendrés par le projet. Or les données historiques immédiatement disponibles ne permettent d'aborder que la question de la corrélation avec les seuls flux financiers. Toutefois, des estimations avaient été produites dans les annexes du rapport sur des données agrégées pour avoir un aperçu des modulations dans les évaluations que cette méthode permettrait de réaliser, malgré l'absence notable de prise en compte des externalités produites par ces différents secteurs économiques.

Notons enfin que, dans le nouveau système d'actualisation proposé par le rapport Gollier, les anticipations sur la croissance économique jouent un rôle-clé à la fois sur le taux d'actualisation sans risque et sur la prime de risque moyenne du marché. Une espérance de croissance plus forte justifie un taux d'actualisation sans risque plus élevé (effet richesse) ; un aléa plus fort sur le PIB justifie un taux sans risque plus faible et une prime de risque plus élevée (effet précaution).

De ce point de vue, le calibrage de l'aléa macroéconomique retenu jusqu'à présent apparaît obsolète, notamment en espérance (le rapport Lebègue retenait une croissance du PIB par tête de 2 %, très supérieure aux anticipations officielles, au moins pour les cinq ans à venir), en variance (l'hypothèse d'aléa gaussien est contredite par les observations passées), et en constance dans le temps (présence de changements de régime ou de chocs ponctuels extrêmes). D'ailleurs, les taux sans risque observés se situent à des niveaux très inférieurs au 4 % réel recommandé par le rapport Lebègue et qui aurait déjà dû être révisé (OAT[3] 10 ans France à 2,2 % en nominal soit 0,2 % en réel, en septembre 2012). Cela nous rappelle qu'idéalement, les prix r_f et ϕ devraient fluctuer tout au long du cycle macroéconomique en fonction des anticipations. Cela est particulièrement vrai pour les prix à utiliser pour les projets de maturité courte. En période de ralentissement, il faudrait pouvoir idéalement réduire le taux sans risque court, de manière à favoriser une politique anticyclique d'investissements aux effets rapides.

(1) Le modèle de Barro intègre des événements extrêmes de grande ampleur (d'autres paramétrages sont possibles). L'intérêt de l'approche est qu'elle permet de garder le cadre théorique standard tout en rendant compte de primes de risque plus élevées relatives aux risques extrêmes non diversifiables. Le cadrage de ce paramètre reposait sur une volatilité du taux de croissance du PIB/hbt de 3,6 % (sigma), un scénario catastrophe défini avec une perte de moitié du PIB avec une probabilité de 2 %. Robert Barro (2006) avait justifié un calibrage de cette nature sur la base de l'observation justifiable au regard de l'observation des catastrophes économiques dans l'ensemble des pays de l'OCDE depuis le début du XX^{e} siècle. D'autres travaux menés sur ces sujets (Prescott) et cherchant à corriger le modèle standard conduisent à des ordres de grandeur similaires.
(2) Cette référence avait été proposée en cohérence avec un coefficient d'aversion au risque pour la collectivité de 2 retenu dans le rapport Lebègue ainsi qu'avec les travaux menés par Weitzman et Dasgupta et par Prescott.
(3) OAT : obligation assimilable du Trésor.

Il est important de rappeler que la détermination du système d'actualisation est basée fondamentalement sur une prospective de la croissance aux horizons correspondants à la maturité des projets à évaluer.

Au total, et cela avait déjà été signalé et recommandé par le rapport Lebègue, il est indispensable qu'un cadre macroéconomique de référence pluriannuel soit défini pour la France. Ceci renforce la nécessité affirmée à d'autres endroits du rapport d'élaborer un ou des scénarios de référence qui constitueront la trajectoire en marge de laquelle s'inscriront les projets à évaluer. Le système d'actualisation, notamment le taux d'actualisation sans risque et la prime de risque, et de manière plus générale la construction de scénarios dépendent des anticipations sur la croissance, non seulement de l'espérance de croissance, mais aussi des aléas autour de cette croissance.

3.5. La révision et le calibrage du système d'actualisation proposés : taux sans risque et prime de risque

Selon les formalisations exprimées plus haut, le taux d'actualisation est la somme d'un taux sans risque et d'une prime de risque rendant compte de l'effet du risque non diversifiable. Examinons successivement les modalités d'introduction du risque non transférable, puis le taux sans risque.

3.5.1. L'introduction du risque non diversifiable dans le calcul

L'évaluation des risques est souvent très complexe et mobilise des moyens humains et matériels considérables (collecte de données, etc.), comme on le voit pour le changement climatique ou dans le monde de la banque et de la gestion d'actifs. On comprend donc la réticence à engager les organismes publics d'évaluation dans cette voie très coûteuse mais qui est aussi une source potentiellement importante d'amélioration de l'efficacité de la dépense publique. Cette démarche est pourtant indispensable. Elle va dans le sens de l'histoire. Il est important de tenir des calculs simples pouvant être engagés systématiquement d'une part et de recourir à des approches en termes de scénarios permettant de situer des investissements dans un cadre où l'on peut mieux qualifier les possibles d'autre part.

Les deux approches pour quantifier le risque non diversifiable dans les analyses coûts-avantages

Lorsque le risque du projet corrélé à l'aléa macroéconomique n'est pas diversifiable et justifie une prime de risque, le rapport Gollier propose deux méthodes équivalentes :

– la méthode dite « au dénominateur » consiste à déterminer le ou les paramètres bêta traduisant la corrélation entre les flux socioéconomiques (c'est-à-dire la création de valeur économique, sociale et environnementale) du projet et la macroéconomie, à en déduire la prime de risque propre au projet, et à procéder à un calcul de Valeur Actualisée Nette sur les flux espérés avec un taux d'actualisation adapté intégrant le risque. On qualifie cette approche de « méthode du bêta », ou encore de méthode du dénominateur (DEN) :

$$\sum_t \frac{EX_t}{(1+r_f+\beta\phi)^t}$$

– la méthode dite « au numérateur » consiste à calculer explicitement les flux du projet dans les différents scénarios macroéconomiques possibles, à procéder à des calculs de corrélation pour ôter aux flux espérés une décote liée au risque, le flux ainsi obtenu étant un équivalent certain qui peut ensuite être actualisé au taux sans risque. On qualifie cette seconde approche de « méthode des équivalents certains » ou encore de méthode du numérateur (NUM) :

$$\sum_t \frac{EX_t - \gamma \mathrm{cov}(X_t, C_t)/EC_t}{(1+r_f)^t}$$

Dans ces formules, le symbole E représente l'opérateur d'espérance mathématique, Xt représente l'effet attendu du projet à l'année t, et Ct représente le PIB par tête à l'année t.

Avantages et inconvénients des deux méthodes

Les deux méthodes reposent sur le même corpus théorique. Leur application peut cependant poser pour chacune d'entre elles des problèmes de mise en œuvre.

La première méthode correspond à la pratique universelle en finance depuis 40 ans, et présente l'avantage de la simplicité et de la comparabilité une fois calculé le bêta[1]. Elle a aussi l'avantage de permettre l'utilisation du flux récent de littérature scientifique consacré aux questions du calcul du bêta et de l'estimation de la prime de risque. Néanmoins, les estimations de bêtas existants dans la littérature financière ne sont pas pertinentes pour des investissements publics. Premièrement, ces bêtas sont souvent purement financiers, c'est-à-dire qu'ils ne prennent en compte que la création de valeur rémunérant le facteur capital. Deuxièmement, ils ne tiennent pas compte des effets non marchands et des externalités sociales et environnementales. Troisièmement, ces bêtas sont souvent calculés pour l'ensemble d'un secteur économique ou d'une industrie, alors que les bêtas devraient idéalement être calculés pour chaque projet. Cette méthode repose enfin sur une approximation qui retient l'hypothèse de risques de petite taille par rapport au PIB ou de risques particuliers (gaussiens, constants dans le temps[2]).

La seconde méthode consiste à calculer directement la valeur corrigée du risque d'un projet en remontant à la « formule de base du calcul socioéconomique » et en utilisant une description explicite des aléas macroéconomiques et du projet à chaque période, ce qui suppose l'élaboration de scénarios. C'est la transposition au cas de l'analyse socioéconomique de la pratique courante du financement de projet qui aboutit dans sa forme la plus élaborée à une distribution de probabilités des bénéfices socioéconomiques et de leur corrélation avec le PIB. Pour obtenir ces résultats, le calcul économique est construit sur la base de scénarios contrastés. Ceux-ci peuvent

(1) Le *Consumption-based Capital Asset Pricing Model* utilisé dans les rapports Lebègue et Gollier forme en effet un fondement reconnu comme norme d'évaluation de création de valeur des acteurs privés et publics.
(2) Pour les projets contenant plusieurs phases, comme dans le secteur du nucléaire, il sera nécessaire d'isoler les bêtas spécifiques à chaque phase, le bêta du démantèlement n'étant probablement pas le même que le bêta de la phase de production d'électricité.

être utilisés soit sous la forme de « stress tests » (ils indiquent alors comment le projet se comporte dans des situations extrêmes) soit sous forme probabilisée, où les principales variables du projet sont également probabilisées. L'opération consiste dès lors à obtenir par traitements informatiques (méthode Monte-Carlo) les distributions des bénéfices nets socioéconomiques des différents projets pour chaque scénario et à chaque période. On peut alors mesurer l'impact de ce projet sur le bien-être intertemporel mesuré par la somme actualisée du flux d'espérance d'utilité. Cette méthode a pour mérite, par son approche intégrée, d'assurer la cohérence entre le calcul des avantages moyens du projet et celui de leur covariance avec le PIB. Elle peut ainsi rendre compte plus finement de la covariance projet par projet que des bêtas représentatifs d'un type de projets utilisés au dénominateur.

En contrepartie, cette méthode est plus lourde de mise en œuvre, même si des simplifications sont possibles, comme cela a été montré par le SETRA, et est pratiqué par la CDC[1]. Elle nécessite d'expliciter un ensemble bien plus large de paramètres, dont ceux spécifiques à la fonction d'utilité, les scénarios de croissance macroéconomique de bénéfices nets, même s'il est souhaitable que les paramètres retenus pour la méthode du dénominateur soient également fondés sur des hypothèses explicites en matière de croissance future de l'économie. Cela implique que les scénarios et les différentes hypothèses soient standardisés par l'administration[2], sous peine de risques de manipulation et d'opacité.

Si les fonctions d'utilité et les processus stochastiques mis en œuvre étaient les mêmes, les deux méthodes donneraient des résultats identiques, ce qui d'ailleurs annulerait l'intérêt de leur distinction. Toutefois, les conditions d'application concrètes de chacune de ces deux méthodes les mettent hors de cette situation. En effet, la méthode au dénominateur est le résultat d'un processus stochastique complexe, mettant en jeu plusieurs marches aléatoires corrélées dont le couple bêta-prime de risque cherche à traduire l'effet moyen, alors que la méthode des scénarios ne met en jeu que des tirages simples entre différents trends, sans marche aléatoire.

Les éléments de choix entre les deux méthodes :

– la simplicité des approches : la première approche a pour elle la simplicité, elle offre un langage commun et elle est transparente, elle offre une comparabilité simple entre les projets et est donc bien adaptée à l'élaboration de programmes. La seconde apporte une richesse d'analyse propice au dialogue, encore que le dialogue puisse ne pas être totalement absent dans la première méthode ; elle paraît bien adaptée à l'analyse fine des spécificités d'un projet ;

– par ailleurs, il est important que la pratique soit reconnue et comprise par les praticiens : la première approche peut s'appuyer sur une grande pratique dans le privé, la seconde est plus courante dans les opérations de financement de projet.

Il faut tenir compte aussi de la nécessité de ne pas enfermer les discussions dans un indicateur unique susceptible de réduire le débat, alors que, comme le rappellent les rapports Lebègue et Gollier, il est important que ces analyses du risque alimentent le

(1) SETRA : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements ; CDC : Caisse des dépôts.
(2) Un exemple emblématique de cette approche est le rapport Stern de 2006, qui a mobilisé un grand nombre de scientifiques pendant plus d'un an, et qui fut l'objet de nombreuses critiques pour ses insuffisances ; Stern N. (2006), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Londres, HM Treasury, octobre.

débat au cours du processus de décision. Cela est vrai du risque systématique (non diversifiable) comme de tous les autres risques associés au projet, en particulier lorsque ces derniers sont portés par des communautés restreintes et vulnérables au lieu d'être disséminées dans la société comme la théorie en fait l'hypothèse. Les calculs doivent s'appuyer sur une analyse qualitative. L'interprétation des premiers suppose la richesse de la seconde.

Les deux méthodes diffèrent aussi par la nature des informations qu'elles mobilisent. Dans la première méthode, le calcul du coefficient β implique d'établir la corrélation entre les surplus apportés par l'investissement et le PIB, une corrélation qu'on peut fonder sur l'analyse du passé, alors que la démarche de l'autre méthode repose moins directement sur des analyses économétriques.

En revanche, la seconde méthode, qui calcule les surplus explicitement, permet à l'intérieur d'une même famille de projet auxquels on aura attribué le même coefficient de faire apparaître des différences d'un projet à l'autre et de mieux reproduire les idiosyncrasies de chaque projet. Cela implique que la seconde méthode soit mise en œuvre à partir de scénarios normés, les mêmes pour tous les projets et que si possible, les sensibilités à l'évolution macroéconomique que la méthode dite au numérateur fait apparaître soient sensibles, et d'une magnitude similaire à celle fournie par la méthode du dénominateur.

Une distribution discrète de scénarios normés, s'inspirant de cette approche, est proposée dans la note de Xavier Delache figurant en annexe. Cette note illustre le caractère délicat de la nécessaire mise en cohérence des deux méthodes. Elle conduit en effet à une prime de risque macroéconomique de l'ordre de 1 % à 20 ans avec un coefficient d'aversion relative au risque de 2, ce qui constitue un premier pas vers cette nécessaire mise en cohérence entre les deux méthodes.

La contribution de Stéphane Gallon sur la pratique de la Caisse des dépôts (tome 2) fournit un exemple d'une telle pratique sur l'exemple de projets « *Greenfield* ». La contribution du SETRA montre le type de résultats qui peuvent ainsi être obtenus par des méthodes simples et faciles à mettre en œuvre à partir de scénarios aisés à reproduire et parlants, représentant l'un une rupture importante dans le trend de croissance et l'autre une crise conjoncturelle profonde.

Mais bien évidemment, comme les aléas introduits dans cette méthode sont très différents de ceux pris en compte dans la première, le recouvrement est impossible. La première (méthode du bêta) permet de contrôler l'intensité du risque pris en compte dans la seconde. Dans une première approche, les deux méthodes peuvent donc être considérées comme complémentaires, la première fournissant un guide général par type de projets, et la seconde permettant d'affiner le classement entre projets de chaque type sur le plan des risques systémiques.

3.5.2. Considérer le système d'actualisation dans son ensemble : taux sans risque et prime de risque

Comme cela est rappelé plus haut, la détermination de la prime de risque suppose de traiter simultanément le taux d'actualisation sans risque. Ces deux éléments sont fortement imbriqués dans ce que nous appelons ici le système d'actualisation.

L'articulation entre ces deux termes (taux d'actualisation sans risque et prime de risque) se heurte à une difficulté théorique majeure qui n'a pas pour l'instant de résolution définitive et sur laquelle sont engagés de très nombreux travaux en théorie de la finance. On peut résumer ce paradoxe *(equity premium puzzle* et *risk free rate puzzle)* en disant qu'aucun niveau d'aversion au risque n'est capable, dans un modèle simplifié où le même paramètre est utilisé pour mesurer l'aversion au risque des agents et le coefficient de substitution intertemporel, de rendre compte des taux des actifs sans risque sur les marchés qui sont très faibles (1-2 % en termes réels) et les primes de risque observées sur les marchés qui sont, elles, très élevées (autour de 5 % en termes réels). Une des explications de ce phénomène réside dans le fait que les agents intègrent dans leur comportement des risques extrêmes qui ont une probabilité faible de se produire mais qui peuvent se réaliser. L'introduction de ces risques extrêmes modifie le cadre hypothétique du modèle standard qui permet de fonder la robustesse des formules habituellement utilisées dont l'approximation n'est valable que pour des aléas petits ou gaussiens sur le PIB.

La commission a revisité les problématiques fondamentales et les débats auxquels elles donnent lieu. Ces débats portent sur des aspects techniques particuliers (pertinence des modèles utilisés, forme des fonctions d'utilité permettant de passer de la théorie à des procédures de calcul, discussions sur les paramètres des différents modèles, etc.). Cela ne remet pas en cause l'ensemble de l'approche. Ces débats rendent sans doute plus incertain le poids à donner à certaines argumentations. Le compromis engagé sur les ordres de grandeur compte tenu de cette incertitude théorique et empirique est possible. Les controverses ne doivent pas se traduire par une prudence excessive qui conduirait à renoncer à intégrer l'analyse du risque dans le calcul et conforter ainsi une situation actuelle totalement insatisfaisante et très en-deçà des ambitions affichées par les derniers rapports Lebègue et Gollier sur lesquelles il y a finalement peu de réserves exprimées.

La commission a d'abord considéré que l'observation des marchés financiers fournissait un repère utile dont il n'était pas possible de trop s'écarter. La contribution de Stéphane Gallon (tome 2) montre que le taux sans risque (hors inflation) qu'on peut déduire du comportement des marchés se situe dans le long terme aux alentours de 3 %, avec actuellement une tendance à la baisse, elle fait apparaître que la prime de risque « actions » au sens du CAPM[1] se situe autour de 4 % à 5 %. Toutefois, les primes de risque constatées corrèlent les aléas des actifs financiers à l'indice du marché, alors que ce qui nous intéresse ici est la corrélation entre des surplus collectifs (qui comprennent des aménités non marchandes, donc non comprises dans l'évaluation financière des actifs) et le PIB. Cela conduit à considérer que les enseignements des marchés sont tout à fait pertinents pour calibrer le taux sans risque, mais plus fragiles pour évaluer la prime de risque qui nous intéresse, celle reliant l'avantage du projet à évaluer au PIB. C'est d'ailleurs bien ainsi qu'avait conclu le rapport Gollier, en recommandant une prime de risque de l'ordre de 3 %, plutôt inférieure à cette valeur (avec une fourchette entre 1 % et 3 % pour tenir compte du fait que la valeur du taux sans risque de 4 % était probablement excessive).

La référence au marché, nécessaire, est cependant insuffisante pour d'autres raisons expliquées par exemple dans Gollier 2013 et rappelées dans la note de Stéphane Gallon : myopie du marché, inexistence d'instruments financiers suffisamment longs,

(1) CAPM : *Capital Asset Pricing Model* (modèle d'évaluation des actifs financiers).

et d'un terme comparable à la durée de vie des infrastructures, absence de souci à l'égard des générations futures, non prise en compte d'externalités et de biens non marchands.

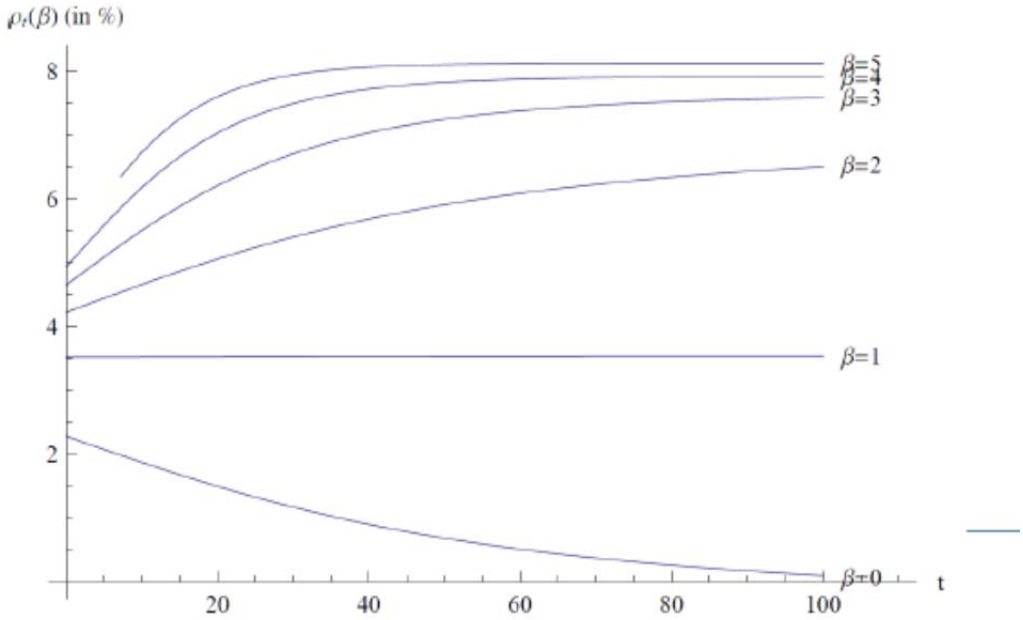
C'est la raison pour laquelle la commission s'est aussi appuyée sur les travaux de modélisation. Les analyses auxquelles elle s'est livrée sont détaillées dans la contribution d'Emmanuel Massé et Nicolas Riedinger *(voir tome 2)* ; elle montre la diversité des modèles et l'importance des hypothèses qui les sous-tendent ainsi que la diversité des valeurs possibles des paramètres qui doivent y être introduits.

Si cette contribution fait apparaître que la modélisation ne peut pas constituer la base unique des choix à faire, elle constitue néanmoins un repère solide, un des deux piliers sur lesquels il convient de s'appuyer, avec les enseignements des marchés. Les travaux les plus récents de Gollier (2013) présentent l'avantage de se situer au confluent de deux des modélisations qui ont retenu l'attention dans les rapports Lebègue et Gollier ; ils se fondent sur la modélisation de Barro et ses hypothèses concernant les risques systémiques, qui permettent d'apporter une première réponse aux paradoxes de la finance évoqués plus haut. Cette approche théorique permet de construire des modèles et de les paramétrer avec des valeurs qu'on peut justifier compte tenu du passé pour qu'ils puissent rendre compte à la fois de taux d'intérêt sans risque faibles et des primes de risque compatibles avec les ordres de grandeur observés sur les marchés.

Paradoxalement, l'approche de Barro introduit un risque sur la croissance qui n'est pas suffisant car il n'introduit pas d'incertitudes sur le trend de la croissance lui-même comme cela avait été fait dans le rapport Lebègue mais seulement une probabilité d'observer des niveaux de croissance dont un catastrophique. Cela n'est pas pour autant rédhibitoire, car ces deux approches peuvent être combinées en introduisant dans le raisonnement de Baro une incertitude sur le trend de croissance. Dans la figure suivante, on a repris les principaux paramètres du rapport Lebègue (préférence pure pour le présent égale à 1, aversion pour le risque égale à 2) avec un processus de croissance contenant une incertitude sur la croissance plus contrasté[1] : un taux de croissance de 0,5 % avec une probabilité de 0,5 et un taux de croissance de 3,5 % avec une probabilité de 0,5 associé à une probabilité de 1,7 % d'affronter une catastrophe caractérisée par une chute du PIB de x %, avec x~N (39 %, 25 %). Les résultats obtenus font apparaître un taux sans risque d'un peu plus de 2 % et une prime de risque, qui dans la modélisation augmente avec le temps et n'est pas proportionnelle au coefficient β, mais est décroissante avec ce coefficient. Pour des valeurs de β comprises entre 1 et 2, cette prime de risque varie entre 2 (à court et moyen termes) et 3 (à long terme).

(1) Avec des paramètres un peu différents de ceux utilisés dans la section 3.4.2.

« Barro rencontre Lebègue »



Source : groupe de travail CAS (extrait de la présentation faite par Christian Gollier)

Certes ces résultats numériques dépendent étroitement des valeurs données aux paramètres d'entrée du modèle ; néanmoins les tendances générales et sens de variations que ce graphique fait apparaître sont robustes. On voit ainsi qu'au-delà de ces considérations quantitatives et s'appuyant sur elles, les choix à faire reposent sur une évaluation d'expert concernant les principaux arguments de ce système d'actualisation. C'est ce à quoi on va se livrer dans les paragraphes qui suivent.

3.5.3. Les considérants concernant le système d'actualisation

La révision du taux sans risque

Il existe plusieurs arguments pour considérer que le taux sans risque actuel est relativement élevé au regard des fondamentaux sur lequel il peut être fondé et qu'il pourrait donc être révisé à la baisse.

Les administrations étrangères des pays comme l'Allemagne et le Royaume-Uni proposent des taux respectivement très faibles (3 % et 3,5 %) et les États-Unis proposent deux référents (3 % et 7 %), qui pourraient être interprétés comme un taux sans risque et avec risque, l'Europe gardant elle encore aujourd'hui un taux de 5 % *(voir chapitre 2, section 1 sur les pratiques étrangères)*.

Si l'on reprend la formule théorique de base utilisée dans les rapports Lebègue et Gollier, la baisse du taux d'actualisation sans risque doit se discuter au regard de l'idée qu'on se fait de la croissance potentielle de l'économie française.

Les récentes prospectives engagées sur ces indicateurs par le rapport de l'OCDE de novembre 2012 sur les perspectives de l'économie mondiale, retiennent dans leurs analyses des évolutions du PIB par habitant en moyenne de 1,6 sur la période

2011-2030 et de 1,3 sur la période 2011-2060. Le récent rapport CAS DG Trésor de 2011 sur la croissance potentielle de l'économie française[1] propose des scénarios avec des taux de croissance moyens pour la période 2010-2030 qui vont de 1,6 % dans le scénario noir à 2,3 % dans le scénario croissance soutenue et soutenable et marché du travail plus efficace.

Ces perspectives prennent en compte le fait que les crises exceptionnelles subies par les économies développées ces dernières années se sont traduites par des ruptures de tendance de productivité globale des facteurs. Le recul de l'industrie au profit des services tend à confirmer l'idée d'une baisse durable de la productivité globale des facteurs liée à la crise.

Enfin, l'évolution des taux d'intérêts réels des obligations montre aussi sur les marchés des taux très faibles. En Allemagne, la moyenne observée depuis la réunification sur le rendement des obligations souveraines allemandes à 10 ans (que l'on pourrait considérer comme actif sans risque) n'est pas éloignée de 3 %. Les taux actuels réels sont très faibles en raison de la crise.

On rappellera enfin les valeurs de référence actuelle retenues par la Caisse des dépôts sur le même cadre théorique mobilisé par le rapport Lebègue : à moyen-long terme le taux sans risque réel est de 3 % et de 1 % à court terme.

Plusieurs réticences à s'engager dans une telle baisse se sont exprimées.

On peut noter par exemple celle qui estime que le fait de baisser le taux sans risque va donner plus de poids dans les calculs à des éléments jugés plus difficiles à calibrer et donc fragiliser le calcul économique en relativisant les éléments qui sont les plus assurés. Ce risque de manipulation accrue du calcul apparaît toutefois comme la contrepartie incontournable de la prise en compte du risque. Mais il est clair qu'une telle perspective ne peut être engagée qu'en renforçant les recommandations sur la pédagogie, la transparence et la contre-expertise sur les hypothèses faites dans les calculs.

On peut noter également la crainte de voir augmenter le nombre de projets socio-économiquement rentables qu'il faudra rejeter alors que la contrainte budgétaire du pays se durcit. Il faut immédiatement répondre que le taux à prendre en compte n'est pas le taux sans risque, mais le taux risqué, qui sera très généralement plus élevé ; en outre, la contrainte budgétaire a vocation à être prise en compte ailleurs dans le calcul (le taux d'actualisation n'est pas l'instrument correct pour prendre en compte cet effet) et on ne peut pas dans le calcul isoler l'effet dû au changement sur la baisse du taux sans risque sans prendre en compte celui lié à l'intégration du risque qui est susceptible de modifier à la baisse la rentabilité des projets. C'est ce principe global que le concept de système d'actualisation complet cherche à maintenir. La baisse du taux d'actualisation sans risque ne peut être acceptable que si le risque est clairement intégré dans les calculs par ailleurs.

(1) Centre d'analyse stratégique – Direction générale du Trésor (2011), France 2030 : cinq scénarios de croissance, rapport du groupe présidé par Benoît Cœuré et Vincent Chriqui, Paris, La Documentation française, www.strategie.gouv.fr/content/france-2030-cinq-scenarios-de-croissance-0.

Les principaux arguments à retenir de ce débat sont les suivants :

– le taux actuel de 4 % (court et moyen termes) se situe dans le haut de la fourchette ;

– il existe des raisons objectives pour baisser ce référentiel : les perspectives de croissance actuelles qui se sont dégradées par rapport au contexte dans lequel raisonnait le rapport Lebègue, les taux d'intérêts réels très faibles renvoyés par les marchés (actuellement les taux réels observés sont nuls jusqu'à 20 ans en France) ;

– le taux pourrait en conséquence être ramené à 3,0 %, voire à 2,5 % ;

– corrélativement, le seuil de 2 % sur le très long terme pourrait être abaissé à 1,5 % ;

– la décroissance du taux d'actualisation actuel vers ce seuil minimal qui se fondait sur une l'incertitude associée à l'évolution de la croissance pourrait être rediscutée avec l'introduction de la prime de risque *(voir paragraphes suivants)*.

Ces différents points doivent être traités en rapport avec les éléments de calibrage de la prime de risque.

Quels bêtas socioéconomiques à retenir dans les projets ?

La méthode du dénominateur consiste à ajouter au taux d'actualisation pur une prime de risque pondérée par un coefficient spécifique au projet considéré.

Parmi les critiques faites à cette approche, il faut clairement distinguer celles qui relèvent de la méthode elle-même, et ses bases théoriques, de celles qui sont liées aux difficultés de mise en œuvre. Les premières renvoient à un débat académique qui n'est pas tranché *(equity premium puzzle : voir plus haut)*. Les secondes sont réelles mais ne sont pas rédhibitoires et l'analyse économétrique, lorsqu'elle est possible, peut proposer des ordres de grandeur et des référents.

Le groupe de travail souhaitait tout d'abord s'assurer qu'une telle approche était réellement opératoire.

Contrairement au cas des bêtas financiers qui sont calculés à partir des cours de l'actif concerné, on n'observe pas les surplus du projet directement. Ce qui est observable, c'est en général la clientèle, et dans le cas des transports, les trafics. La procédure à retenir est donc d'étudier la corrélation qui existe entre les trafics et le PIB, puis d'y ajouter la corrélation entre les surplus par unité de trafic et le PIB. Les calculs effectués pour le secteur des transports par la commission *(voir les contributions de Jean-Jacques Becker, du SETRA, du STIF et de RFF figurant dans le tome 2)* démontrent que ces calculs sont envisageables et réalisables.

Ces calculs ne peuvent pas être menés projet par projet, car cela conduirait à des études très lourdes et complexes. Il a été possible tout d'abord de faire apparaître les corrélations entre trafics et PIB pour les grandes catégories de trafics suivantes.

Élasticités des différents types de trafic au PIB

Voyageurs urbains	0,4
Voyageurs régionaux	0,5
Voyageurs longue distance	1,0
Ferroviaire fret	1,0

Source : travaux de la commission

Ensuite, la corrélation entre les surplus par unité de trafic et le PIB dépend de la nature des surplus : on conçoit en effet que cette corrélation soit différente selon qu'il s'agit de gains de temps, d'effets carbone ou de coût de construction. Pour simplifier, on supposera que l'élasticité en question est de 0,7 par défaut pour tous les avantages (c'est l'élasticité de la valeur du temps au PIB et elle n'est pas très loin des élasticités de la plupart des autres aménités, à l'exception du carbone pour lequel on prendra des valeurs spécifiques *(voir en fin de chapitre la section 9 sur la valeur du carbone)*. Si un projet avait des avantages dont l'élasticité au PIB soit très différente de ces moyennes, il faudrait lui consacrer un traitement particulier[1]. Pour les projets usuels, donc, on retiendra à titre conservatoire les valeurs suivantes :

Premières estimations de bêtas par secteur

Voyageurs urbains	1,1
Voyageurs régionaux	1,2
Voyageurs longue distance	1,7
Ferroviaire fret	1,4

Source : travaux de la commission

Par ailleurs, il convient également de fixer le bêta des coûts d'investissements. En effet, le coût des investissements varie selon la conjoncture et selon le niveau de l'activité économique. L'étude menée sur le sujet et figurant dans le tome 2 conduit à considérer que le bêta correspondant est de 0,5.

Il est recommandé d'effectuer des déterminations de bêtas dans les autres secteurs, et d'étendre et d'approfondir celles qui ont été faites dans les transports.

La question se pose enfin de savoir ce qu'il convient de faire lorsque ces bêtas ne sont pas disponibles. Le porteur de projet devrait alors utiliser un bêta de référence normatif fixé par l'État. Ce bêta devrait être fondé sur des analyses économétriques, comme cela a été fait plus haut pour les investissements de transports. Ces analyses sont en général simples et rapides à faire.

(1) Par ailleurs, une vérification de cohérence s'imposera donc, qui passera par la comparaison entre le taux moyen de croissance des avantages tel qu'il ressort des études sur le projet, et le produit de la croissance moyenne du PIB prise en compte dans l'étude par l'élasticité au PIB estimée, compte tenu de l'évolution des autres déterminants des avantages (prix de l'énergie par exemple).

3.5.4. Les recommandations de la commission

Intégrer le risque systémique

- Cette intégration peut se faire selon deux modalités différentes : La méthode dite du numérateur (scénarios) et la méthode du dénominateur (dite des bêtas), compte tenu des modalités techniques de leur mise en œuvre, sont complémentaires et non substituables. La méthode du dénominateur avec usage des valeurs indiquées dans ce rapport doit être utilisée pour tous les projets : elle permet de calculer une VAN avec un taux d'actualisation adapté intégrant le risque. La méthodes des scénarios, malgré sa lourdeur de mise en œuvre, doit être mise en œuvre le plus fréquemment possible ; elle doit se faire sur des scénarios normés suffisamment contrastés, elle est propice au dialogue, elle permet de personnaliser pour chaque projet les conséquences d'une crise grave, elle peut permettre de moduler les coefficients bêta de l'autre méthode en tenant compte des spécificités de chaque projet et des particularités que peut introduire la situation de référence prise pour ce projet.

Un calcul économique apprécié au regard de scénarios prospectifs normés

- Plus généralement, les évaluations de projet sont effectuées à la marge de scénarios de référence, comme cela est plusieurs fois souligné dans le rapport. La commission appelle fortement à l'établissement de ces scénarios. Une étude rapide devrait conduire à définir les modalités selon lesquelles ces scénarios seraient intégrés dans les analyses coût-bénéfice (probabilisation, valeur d'option, etc.).

Une analyse du risque diversifié, un outil de dialogue entre l'évaluateur et le décideur

- L'analyse engagée sur les risques et les incertitudes et sur la manière d'intégrer ces éléments dans le calcul ne peut se résumer à la seule question de savoir s'il convient ou non d'ajouter une prime de risque au taux d'actualisation sans risque ; cela constituerait une régression dans l'analyse. Cette recommandation qui a pu focaliser les débats doit être située dans un ensemble de recommandations dont certaines sont incontournables. Les évaluations doivent s'appuyer sur une analyse qualitative fine des risques dans leur diversité. Les incertitudes doivent être analysées. Cette étude du risque et de l'incertain doit être par ailleurs contradictoire. Le calcul ne vient que dans un second temps pour traduire ces différents éléments une fois ceux-ci identifiés, valorisés et hiérarchisés. La contestation du chiffrage doit rester accessible à l'ensemble des parties concernées.
- Au-delà des techniques générales de traitement applicables à tous les projets, l'analyse de risque doit être comprise comme un outil de dialogue entre l'évaluateur, le projeteur et les décideurs, permettant de mieux apprécier les forces et faiblesses du projet, les points d'ombre de son évaluation, et conduisant à une amélioration dans la conception du projet et dans son exposition au risque.

Un système d'actualisation révisé

L'ensemble des arguments largement repris dans le corps de ce document a conduit le groupe de travail à s'accorder sur un compromis pour définir un système d'actualisation de référence pour tenir compte des risques systémiques, et comprenant un taux d'actualisation sans risque et une prime de risque à définir simultanément.

- Le groupe de travail retient une valeur de 2,5 % pour le taux d'actualisation sans risque et de 2 % pour la prime de risque (au-delà de 2070, respectivement 1,5 % et 3 %). On notera que, par rapport aux procédures antérieures, il s'agit d'un changement majeur pour lequel on n'a aucun retour d'expérience. Pour ces raisons, compte tenu de la nouveauté du système mis en place, et pour des motifs justifiés dans la section suivante, on effectuera en parallèle, dans une phase transitoire, les calculs avec le système antérieur d'un taux unique fixé à 4,5 %. On pourra aussi, dans cette phase transitoire, effectuer des études de sensibilité avec un autre système comportant un taux sans risque de 3,5 % et une prime de risque de 1 %. On dressera rapidement un bilan, après avoir mené les études complémentaires ci-dessous.

- Des travaux devraient être menés sur les scénarios de référence qui serviront de base à la méthode du dénominateur, ainsi que sur les scénarios de crise et/ou prospectifs contrastés, à utiliser dans la méthode au numérateur.

- Au cours de la période transitoire, devraient être menés des travaux et recherches sur les processus stochastiques sous-tendant les évolutions macroéconomiques prises en compte dans les méthodes d'intégration du risque systémique, ainsi que sur la forme des fonctions d'utilité à prendre en compte dans l'élaboration du système d'actualisation. Ces travaux pourront conduire à réviser les paramètres intervenant dans ces processus pour les conforter sur la base d'investigations complémentaires ; ils devront également permettre d'estimer les paramètres actuellement manquants pour affermir et conforter les conditions d'éligibilité *(voir section suivante)*.

- On retiendra dans le secteur des transports les bêtas mentionnés plus haut et on développera des guides opérationnels pour le calcul des bêtas. On effectuera ce calcul pour d'autres secteurs que celui des transports ; approfondir les calculs de bêta effectués dans le cas des transports.

Le nouveau système d'actualisation présente des différences sensibles avec le précédent, ne serait-ce que parce que les avantages ou les coûts ne sont plus connus avec certitude mais suivent des marches aléatoires. Il convient donc de revisiter les règles d'éligibilité des projets, ce qui sera fait dans la section suivante.

4. Les conséquences du nouveau système d'actualisation pour l'éligibilité des projets

L'application de ces principes au cas des investissements publics doit tenir compte des particularités de ces investissements, dont on n'explorera que deux d'entre elles : d'abord – et ceci, fréquent dans de nombreux secteurs, est la règle générale dans les transports –, leur rentabilité dépend le plus souvent de leur date de réalisation ; en raison des trends, en général positifs, qui affectent les surplus qu'il apporte, un investissement peut être rentable à telle date de réalisation alors qu'il ne l'était pas à telle autre date antérieure ; la question est alors de savoir à quelle date la VAN qu'il procure est maximale. Ensuite, les investissements sont souvent liés entre eux, et conduisent à des décisions séquentielles ; cette situation se rencontre dans la plupart des secteurs, mais est particulièrement prégnante dans le secteur de l'énergie. Examinons chacun de ces deux points.

4.1. Éligibilité des investissements et date de réalisation

Soit un investissement dont le coût de construction, mesuré en euros constants, est I(t) s'il est réalisé à l'instant t, et dont les avantages, mesurés à l'instant t en euros constants sont a(t). L'utilité de ces avantages, comme la désutilité du coût, dépend de la richesse de la collectivité à l'année où ils se réalisent : un euro gagné a d'autant plus de valeur qu'on est pauvre. Pour traduire cette variation de l'utilité retirée d'un euro en fonction de la richesse on pondère les avantages exprimés en euros constants par une fonction décroissante de la richesse. Des considérations théoriques, comme le souci de simplicité, conduisent, comme on l'a vu dans la section précédente, à prendre comme facteur de pondération un coefficient de la forme : $Y(t)^{-\gamma}$ où γ est un coefficient positif. Cette formulation comporte une fonction d'utilité intertemporelle sous-jacente séparable dans laquelle l'utilité de chaque année est de la forme : $-\frac{U^{1-\gamma}}{1-\gamma}$. Mais d'autres fonctions d'utilité seraient envisageables.

Dans ces conditions, la VAN de l'investissement, exprimée en termes d'utilité et non plus d'euro, s'écrit :

$$VAN(T) = \int_{T}^{\infty} a(t) * Y(t)^{-\gamma} e^{-\delta t} dt - I(T) * Y(T)^{-\gamma} e^{-\delta T}$$

Expression où δ est un coefficient représentant la préférence pour le présent.

Le problème qu'on se pose est alors de décider s'il faut faire l'investissement et de déterminer la date à laquelle il faut le réaliser.

Lorsque les variables a(t), Y(t) et I(T) suivent des trajectoires certaines, la solution est bien connue depuis longtemps (Abraham 1960), et fort simple ; sous des conditions peu restrictives[1], comme le montrent les contributions de Quentin Roquigny et Joël Maurice ou celle de Bernard Lapeyre : il faut faire l'investissement lorsque le taux de rentabilité immédiate (affecté du coût d'opportunité des fonds publics) est égal au taux d'actualisation, et vérifier que la VAN est positive. Cette règle suppose que le projet considéré est un projet isolé, sans relation avec d'autres projets. Elle se généralise au cas de projets liés *(voir encadré)*.

Règles dans le cas de projets liés

La règle qui vient d'être rappelée est relative au cas d'un projet isolé qui n'est lié à aucun autre projet et pour lequel il n'y a pas de problème de choix entre variantes incompatibles. Le critère de la VAN permet aussi de comparer des projets incompatibles, par exemple deux variantes de tracé d'un même projet : on détermine pour chacun sa date optimale et on choisit celui qui, placé à sa date optimale, rapporte la VAN la plus élevée.

(1) Indépendance des avantages par rapport à la date de réalisation, non-décroissance des avantages dans le temps. Si la montée en puissance des avantages se fait de façon progressive à partir de la mise en service, la règle est légèrement modifiée, sans que son esprit en soit modifié : il faut remplacer l'avantage de première année par une somme pondérée des avantages des années où se produit la montée en puissance. Si, par ailleurs, on est en présence de restrictions budgétaires, il faut appliquer les méthodes développées plus bas dans la section 5 .

Lorsque les projets, sans être incompatibles, ne sont pas indépendants, il faut énumérer la combinaison des séquences possibles, pour chacune d'entre elles déterminer la date de réalisation de chaque projet, en déduire le bénéfice actualisé de la séquence, et retenir finalement la séquence qui procure le bénéfice actualisé le plus élevé.

Il faut bien voir les limites des enseignements à tirer du bénéfice actualisé, qui n'est pas une optimisation, mais simplement une comparaison entre le projet envisagé et la situation de référence à laquelle il est comparé. Le fait que le bénéfice actualisé soit positif prouve simplement que le projet est préférable à la situation de référence. D'où l'importance à la fois de bien choisir la situation de référence et d'ouvrir au maximum l'éventail des projets dont on compare le bénéfice actualisé. En ce qui concerne la situation de référence, l'idéal serait qu'elle soit la meilleure décision possible en l'absence du projet qu'on évalue. On ne peut jamais être sûr qu'il en sera ainsi, car cela supposerait en quelque sorte d'avoir résolu le problème de la hiérarchisation des projets, qui est précisément celui qu'on cherche à résoudre. Mais un biais fréquent des analystes qui veulent faire passer un projet est de choisir une situation de référence mauvaise, pour accroître d'autant la rentabilité du projet proposé. Un autre impératif est de balayer le plus largement possible le champ des variantes, sans oublier qu'une alternative à un projet peut être une mesure d'exploitation ou de tarification, ou peut concerner un autre mode, ou même se rapporter à un autre domaine que celui des transports.

Le cas général

Lorsque les variables a(t), I(t) et Y(t) suivent des processus stochastiques, comme on en fait l'hypothèse désormais pour prendre en compte le risque, la question est plus complexe. On conçoit que la réponse à cette question dépend étroitement de la nature des processus stochastiques en jeu et de leurs relations ; on conçoit aussi aisément (et la note technique de Bernard Lapeyre dans le tome 2 le précise) que, sauf processus stochastique particulier, on ne peut pas fournir de formule simple répondant à cette question, et qu'on ne peut la résoudre que par des simulations numériques. Il est recommandé de faire des études économétriques pour préciser les processus stochastiques en jeu et leurs relations et pour mener les simulations correspondantes de façon à en déduire des règles simples d'éligibilité, règles simples dont actuellement on ne peut pas assurer le degré d'approximation.

Une solution doublement approchée

On peut cependant faire une première exploration en utilisant des processus particulièrement simples, les mouvements browniens, même si on sait qu'ils ne représentent pas de façon réaliste les processus suivis par la croissance économique Y(t), mais qu'on utilise fréquemment néanmoins, comme on l'a fait pour établir une série de résultats de la section précédente. Faisons donc les hypothèses suivantes :

$$dLog(Y(t) = \mu dt + \sigma_1 dw_1$$
$$dLog(a(t) = g dt + \sigma_2 dw_2$$
$$dLog(I(t)) = k dt + \sigma_3 dw_3$$

en outre, les deux derniers processus, indépendants entre eux, sont corrélés au premier:

$$dw_2 = \rho dw_1$$
$$dw_3 = \rho_I dw_1$$

La note de Bernard Lapeyre montre alors qu'il est possible de fournir une solution fermée au problème. Cette solution est d'expression complexe.

Elle fait intervenir tous les paramètres, au nombre de 8, définissant les processus précédents et leurs relations. On n'a pas actuellement d'estimations de ces paramètres, sauf le taux sans risque qui intervient effectivement dans la formule sous la forme : δ + μγ. Ainsi, on ne dispose pas d'estimations des variances des processus.

Et en l'absence d'estimations sur les valeurs respectives de ces paramètres, on peut difficilement distinguer ceux qui jouent un rôle important des autres. On peut donc souhaiter que des études soient rapidement menées pour estimer les paramètres manquants, auquel cas on pourrait disposer d'évaluations des effets du risque systémique plus documentées que celles que l'on peut envisager actuellement.

En attendant, on fournira une règle qui est heuristique et prend en compte de façon non rigoureuse les propriétés générales des relations définissant les temps d'arrêt en univers stochastique, à savoir que la marche aléatoire entraîne un retard d'autant plus important que les aléas sont grands ; on combinera une appréciation subjective de ce retard à l'expression donnant le temps d'arrêt lorsque les aléas tendent vers zéro. Dans cette dernière hypothèse, il est alors possible de voir que tout se passe comme si on se trouvait en présence de plusieurs taux d'actualisation, comme le montre la note de Bernard Lapeyre et la réduction de la formule précédente au cas où les variances sont nulles. Ainsi, la relation donnant le temps d'arrêt est :

$$a(T) / I(T) = (k + r_i) \exp[-(r_i - r)T]$$

Avec:

$$T \geq 0$$

Dans cette expression[1], r_i représente le taux risqué d'actualisation des coûts de construction. Celui-ci a été calculé à partir du bêta correspondant, estimé à 0,5 comme la contribution de Jean-Jacques Becker figurant en tome 2 le montre. Dans ces conditions, la valeur de r_i devrait être prise égale à 0,035. Mais la formule est doublement approchée : il faut d'abord tenir compte du fait qu'il y a un décalage de quelques années entre la décision et la mise en service. Par conséquent, le taux de rentabilité immédiate au moment de la mise en service n'est pas connu lors de la décision, il présente une incertitude, et par un phénomène d'aversion au risque, on est conduit à être plus exigeant sur le niveau des avantages attendus que si on les connaissait sans incertitude. En outre, le calcul précédent suppose que les aléas sont négligeables (en toute rigueur, nuls) ; or il n'en est pas ainsi ; la note du tome 2 montre que là aussi, cet effet conduit à être plus exigeant sur le taux de rentabilité immédiate. Pour tenir compte de ces deux effets qui se cumulent, on augmentera de 1 point[2] la valeur précédemment citée, et on prendra un seuil de taux de rentabilité immédiate de 4,5 %. On supposera par ailleurs que la productivité des travaux publics est compensée par les hausses de prix des inputs, c'est-à-dire que k = 0.

On en déduit la règle de conduite : on calcule VAN(T) périodiquement en fonction des dernières informations disponibles (ceci implique une mise à jour régulière des

(1) Où on notera que les termes *a(T)* et *I(T)* sont aléatoires, donc que *T* n'est pas en toute rigueur prévisible : on peut juste constater quand on y est.
(2) Cette valeur constitue un ordre de grandeur raisonnable issu des simulations sommaires faites sur les deux effets mentionnés. Mais bien sûr des études plus précises sont hautement recommandées sur le sujet.

études). Si la valeur de T qui vérifie la relation précédente est nulle ou négative, on envisage de réaliser le projet. Il faut en outre vérifier que la VAN ainsi calculée est positive. Dans le cas contraire on attend. Le seuil ainsi déterminé est donc défini par :

$$a(T) / I_0 = 0,045 \qquad (1)$$

On verrait que la condition de positivité de la VAN est plus exigeante que dans le cas non aléatoire, où elle était réalisée dès que la croissance des avantages était positive. Maintenant il faut qu'ils soient supérieurs à *(r-, r).* Les conditions sont plus sensibles à la croissance économique. C'est une raison pour recommander l'élaboration de scénarios de référence, faute de quoi l'absence de cohérence et de normalisation des scénarios de croissance nuit aux comparaisons entre les projets et à leur interclassement. Il faut également recommander que des analyses de sensibilité soient faites à l'égard des paramètres du calcul auxquels les résultats sont les plus sensibles, notamment le système d'actualisation et les primes de risque.

Il faut aussi recommander que les calculs de rentabilité soient refaits régulièrement pour tenir compte des dernières informations obtenues sur les trafics et la croissance économique, sur la réalisation des aléas en somme.

Cette caractéristique incite également à recommander la prise en compte de durées de calcul plus longues qu'elles ne le sont souvent dans les pratiques actuelles. Idéalement, il conviendrait que la durée de calcul soit au moins égale à la durée de vie de l'option dont la durée de vie est la plus longue. Cette condition impliquerait une durée de vie de plusieurs centaines d'années pour certains projets tels les projets de transports. On recommandera la normalisation suivante : effectuer le calcul des surplus en tenant explicitement compte des évolutions des trafics et des valeurs unitaires jusqu'en 2070. Au-delà, prendre en compte une valeur résiduelle, correspondant à l'actualisation sur 70 ans, soit jusqu'en 2140, des avantages en stabilisant les trafics et les valeurs unitaires, sauf celle du carbone pour laquelle on continuera l'évolution du prix unitaire selon les règles établies dans la note correspondante, et en prenant en compte les dépenses d'entretien et de renouvellement qui devraient intervenir en raison de la durée de vie technique des ouvrages. C'est à cette année que s'effectuerait le changement dans le taux sans risque et dans la prime de risque évoqués dans la section précédente.

Enfin, il faut souligner que ces formules et ces règles comportent des approximations d'autant plus fortes que la volatilité des processus aléatoires en jeu est forte et qu'elles dépendent en outre des fonctions d'utilité choisies. Il est donc recommandé d'entreprendre des recherches portant sur les processus aléatoires en cause et les fonctions d'utilité envisageables et sur leur effet sur les conditions d'éligibilité des investissements.

Recommandations

On adoptera les règles d'éligibilité suivantes : la date de mise en service d'un projet doit intervenir à l'année t où est satisfaite la condition (1) écrite plus haut. Le projet n'est alors rentable que si sa VAN est positive. Si ce n'est pas le cas, on refera l'évaluation socioéconomique du projet quelques années plus tard, en intégrant les informations nouvelles intervenues sur les avantages et les coûts.

- On mènera rapidement des recherches pour préciser et approfondir ces règles, compte tenu des caractéristiques des processus aléatoires en cause et du choix des fonctions d'utilité, et pour affermir les estimations des paramètres qu'elles font intervenir et compléter nos connaissances sur les paramètres actuellement non disponibles.
- Il convient également d'élaborer le plus rapidement possible des scénarios de référence permettant de juger en bonne connaissance de cause les taux d'évolution des avantages.
- En attendant ces compléments, on effectuera dans une phase transitoire des calculs de VAN également avec un système d'actualisation comportant un taux unique de 4,5 %, et on réalisera éventuellement des variations sur le système d'actualisation risqué (taux sans risque de 3,5 % et prime de risque de 1 %), et en analysant la sensibilité des résultats au taux de croissance des avantages.
- Les calculs de VAN seront faits jusqu'à l'année 2070 ; au-delà on prend une valeur résiduelle correspondant à l'actualisation sur 70 ans des avantages de l'année 2070 ; on considérera que les avantages sont constants, hormis les effets sur le réchauffement planétaire.
- On réévaluera l'ensemble de ces dispositions quelques années après leur mise en application, à l'issue de la phase transitoire, où on pourra préciser les valeurs des paramètres manquants, ajuster les différents chiffres intervenant dans le système d'actualisation et l'éligibilité des projets, et préciser les conditions de cette éligibilité.

4.2. Décisions séquentielles dans l'énergie

Le second cas est celui des décisions séquentielles et sera illustré dans la situation de l'énergie, et plus précisément dans le domaine de la planification des investissements de production d'électricité. Il est cependant beaucoup plus général et pourrait être évoqué *mutatis mutandis* dans le cadre d'une réflexion sur la planification du développement des réseaux de transport et de distribution de gaz ou d'électricité ou encore d'une politique de développement des moyens d'importation de gaz (gazoducs, terminaux méthaniers, stockages associés).

Pour faire face dans les meilleures conditions de coût et de sécurité à la demande d'électricité nationale on dispose d'une gamme étendue de moyens de production ; nucléaire, centrales thermiques classiques brûlant du charbon, cycles combinés à gaz, turbines de pointe à combustion, centrales hydroélectriques de différentes natures, stations de transfert d'énergie par pompage, éoliennes, photovoltaïque, etc. L'objectif du « planificateur » (EDF lorsqu'elle était en situation de monopole, l'État aujourd'hui) est supposé être de satisfaire la demande au moindre coût total actualisé, ce coût incluant la somme actualisée :

– des dépenses d'investissement des équipements dont la construction est décidée au fil des ans ;
– des charges fixes d'exploitation de ces mêmes équipements ;
– des dépenses annuelles de combustible dans une gestion réputée optimale ;

– des coûts des externalités (essentiellement ici le coût des émissions de CO_2) ;
– des coûts des préjudices subis par les consommateurs du fait des défaillances de fourniture.

Pour simplifier, on considérera ici seulement trois types d'équipements.

	Coût d'investissement par kW	Coût de combustible par kWh (CO_2 compris) l'année t	Durée de construction
B : centrales de base	b	β(t)	7 ans
G : semi-base	g	γ(t)	3 ans
P : centrales de pointe	p	π(t)	1 an
D : défaillance		δ par kWh non desservi	

Source : travaux de la commission

La demande d'électricité l'année t, est résumée par une consommation annuelle C(t) corrigée des aléas climatiques et une monotone de charge tous aléas compris[1] supposée de forme invariante.

Si l'on était en régime « stationnaire », c'est-à-dire si l'on avait à faire face à une consommation annuelle C fixée pour la suite des temps, il serait extrêmement facile de déterminer le parc optimal. En notant b', g', p', les charges annuelles de capital des différents types de moyens de production, les durées d'équilibre s'établissent :

– entre centrales de base et semi-base à $h_0 = (b'- g')/(\gamma - \beta)$;
– entre centrales de semi-base et pointe à $h_1 = (g'- p')/(\pi - \gamma)$;
– entre centrales de pointe et défaillance à $h_2 = p' / (\delta - \pi)$.

D'où le parc optimal, en plaçant ces durées d'équilibre sur la monotone de charge.

Cette méthode simplissime continuerait à fonctionner si tous les paramètres du tableau ci-dessus restaient constants et si l'on avait la certitude d'une consommation monotone croissante : toutes les durées restant constantes, les quantités d'équipement nécessaires croîtraient proportionnellement à la demande, ce qui fonderait *a posteriori* le calcul « à annuités constantes » des charges de capital des centrales.

Tout est remis en cause si ces hypothèses ne sont plus vérifiées. En particulier si C(t) relève d'un processus stochastique, le caractère séquentiel des décisions résultant des durées de construction très différentes des équipements devient crucial.

Si l'on se place à la date 0 :

– on « hérite » d'un parc de production existant composé des trois types de centrales (B_0 G_0 P_o) ;

(1) Courbe donnant pour l'année considérée l'espérance mathématique du temps pendant lequel la consommation (compte tenu des aléas climatiques) est supérieure à une valeur donnée c.

– il faut décider de la quantité de moyens de pointe P qui viendront s'ajouter à P_0 l'année 1 ;
– de la quantité de moyens de semi-base G qui viendront s'ajouter à G_0 l'année 3 ;
– de la quantité de moyens de base qui viendront s'ajouter à B_0, l'année 7.

On serait tenté de dire : « commençons par ajuster le parc de production en raisonnant à un an ». C(1) est une variable aléatoire : supposons la gaussienne d'espérance et d'écart-type connu. On en déduit la durée de défaillance en fonction de la puissance de moyens de pointe ajoutée P. Oui, mais quel coût d'anticipation adopter pour ces moyens de pointe ? Il dépend évidemment de leur utilité future qui peut devenir nulle en cas de suréquipement résultant d'une évolution de la consommation fortement inférieure à la valeur moyenne anticipée à l'instant 0. Il conviendrait d'ailleurs de s'assurer que le parc dont nous avons « hérité » n'est pas lui-même suréquipé l'année 1 auquel cas P = 0.

Force est donc de raisonner en remontant le temps et de s'interroger d'abord sur la décision concernant l'année 7. Les équipements de base étant de forte taille, la décision à prendre est de faire ou de ne pas faire. Pour la tester, il n'y a pas d'autre méthode que de considérer un échantillon de trajectoires représentatives du processus stochastique C(t) et de simuler le processus décisionnel séquentiel[1] en respectant la contrainte de non-décroissance des puissances installées de chaque type d'équipements.

Autant dire qu'en pratique, on ne procède pas ainsi. On met en œuvre une méthode plus simple dont on a vérifié qu'elle offrait une solution satisfaisante, c'est-à-dire très proche de la solution optimale fournie par la méthode élaborée : On considère quelques années repères pour lesquelles on détermine un optimum « statique » puis on regarde si ces optimums « s'emboîtent » correctement, c'est-à-dire s'ils respectent la contrainte de non-décroissance des quantités d'équipements et on se pose ensuite, s'il y a problème, la question du cheminement dynamique qui peut être abordée par des méthodes de contrôle optimal plus ou moins sophistiquées.

5. Le coût des fonds publics et les indicateurs de choix en situation de pénurie financière

Note d'avertissement : par souci de simplification, cette contribution est présentée dans le cas où il n'y a qu'un seul taux d'actualisation. On voit aisément que les développements mathématiques, leurs méthodes et formulations algébriques, peuvent s'adapter au nouveau système, en spécifiant les paramètres que sont les taux d'actualisation par projet selon les indications figurant à la section précédente. En revanche, les résultats numériques donnés à titre d'illustration sont dépendants à la fois des conditions économiques du moment et du système d'actualisation.

Les projets d'infrastructures nécessitent en général des investissements initiaux importants et les recettes qu'ils génèrent sont, à moins de mettre en place des redevances d'accès prohibitives, insuffisantes pour assurer leur équilibre financier.

(1) Attention ! Lorsque l'on prend dans cette simulation, par exemple, une décision l'année 3, on connaît la consommation C(3) mais pas la suite de la trajectoire. Il faut donc raisonner sur la distribution conditionnelle de la suite du processus sachant qu'à la date 3, on est dans la situation C(3), ce qui est assez facile si autour d'un trend recalé les aléas obéissent à un processus brownien.

Ces projets sont donc très généralement tributaires de fonds publics, eux-mêmes financés tôt ou tard par des prélèvements obligatoires[1] pouvant prendre des formes diverses : taxation des revenus du travail ou du capital, taxe générale sur la consommation, taxes spécifiques sur certains biens et services, ou encore prélèvements forfaitaires (i.e. non assis sur une activité économique).

Selon leur assiette et leur taux, ces prélèvements obligatoires modifient plus ou moins les prix relatifs dans l'économie et éloignent de ce fait le choix des consommateurs de l'optimum socioéconomique. Il est donc nécessaire de prendre cette distorsion en compte dans le calcul de la valeur actualisée[2] nette socioéconomique (VAN-SE[3]) de chaque projet. C'est l'objet du coût d'opportunité des fonds publics (COFP), qui avait déjà été défini dans le rapport Lebègue, et qui revient à dire qu'un euro pris dans la poche du contribuable coûte plus cher à la collectivité qu'un euro dépensé par ce même contribuable pour un achat d'un bien privé.

Par ailleurs, la puissance publique peut discrétionnairement choisir, à tort ou à raison, de limiter les montants de fonds publics mobilisables, de sorte que les projets ayant une VAN-SE positive ne sont pas toujours tous finançables. Les règles de hiérarchisation classiques ne sont plus valables et il faut gérer la file d'attente. On verra dans ce qui suit que la règle à appliquer revient à affecter chaque euro public dépensé d'un coefficient supérieur à l'unité qu'on appellera « prix fictif de rareté des fonds publics » (PFRFP), qui s'ajoute au COFP qui, lui, existe indépendamment du niveau des recettes fiscales consacrées aux investissements publics et est lié à la structure de ces recettes. On verra qu'avec ce PFRFP, la règle de hiérarchisation des projets revient à dire que tous les projets ayant une VAN-SE ainsi corrigée positive (et optimisée quant à la date de réalisation) doivent être réalisés. Bien évidemment ce PFRFP n'existe que si les fonds sont insuffisants pour réaliser tous les projets rentables ; si ce n'est pas le cas, il est nul, et il ne subsiste que le COFP.

Les paragraphes qui suivent synthétisent les recommandations de la commission sur les sujets de coût d'opportunité et rareté des fonds publics, obtenues à partir de la contribution détaillée de Joël Maurice et Quentin Roquigny, « *Note sur les notions de coût d'opportunité des fonds publics et de prix fictif de rareté des fonds publics* » *(voir tome 2)*.

5.1. Le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) : un concept bien établi mais peu d'estimations empiriques propres à la France

Dans une description extrêmement simplifiée de l'économie, la satisfaction socio-économique serait maximale (« optimum de premier rang ») si chaque consommateur arbitrait librement entre son temps de loisir et ses revenus du travail, et répartissait

(1) En effet, même dans le cas de projets dans lesquels la dépense publique est financée par l'emprunt public, la taxation n'est que différée : elle n'intervient pas dès le lancement du projet mais dans les périodes suivantes, afin de rembourser la dette. On montre que – sauf rationnement des fonds publics pour d'autres impératifs – l'intérêt de cette pratique ne dépend que des valeurs relatives du taux d'intérêt de l'emprunt et du taux d'actualisation public.
(2) Dans tout ce qui suit, on suppose adoptée une « origine des temps » commune à tous les projets comparés, par exemple le 1er janvier 2013, de façon à pouvoir calculer la VAN–SE cumulée d'un ensemble de projets.
(3) On nomme ici VAN-SE ce qui est défini sous le nom de « bénéfice socioéconomique » dans l'*Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport* (25 mars 2004 et 27 mai 2005).

librement ses revenus (salariaux et non salariaux) entre consommation de bien marchand et souscription au financement d'un bien public. L'ensemble des souscriptions de tous les consommateurs déterminerait le niveau optimal de ce bien public. Cet optimum pourrait être atteint si la puissance publique, maître d'ouvrage du bien public, prélevait auprès de chaque consommateur un impôt forfaitaire égal au consentement à payer de celui-ci pour le bien public en cause.

Cependant, dans l'économie réelle, la méconnaissance des consentements à payer de chaque individu ainsi que la nécessaire simplification des barèmes fiscaux impliquent que les prélèvements obligatoires en vigueur[1] modifient le « pouvoir d'achat du salaire horaire » et éloignent les choix individuels (en matière de consommation et de temps de travail souhaité) de la situation optimale. Plus précisément, lorsque la puissance publique prélève 1 euro supplémentaire, il en résulte sur le bien-être socioéconomique un impact négatif dont l'évaluation monétarisée est égale à $(1 + \gamma)$ €, « $1 + \gamma$ » étant le **coût marginal ou coût d'opportunité des fonds publics** (COFP). Pour qu'un projet dégage un bénéfice socioéconomique positif, il faudra donc que, pour l'apport de chaque euro d'argent public financé par prélèvement obligatoire, ce projet produise un avantage socioéconomique monétarisé (actualisé) au moins égal à $(1 + \gamma)$.

S'il est généralement admis que le paramètre $(1 + \gamma)$ est compris dans un intervalle allant de 1 à 1,5, son estimation empirique nécessite d'avoir recours à des modèles complexes et dépendants d'hypothèses fortes. Joël Maurice et Quentin Roquigny notent dans leur revue de la littérature *(voir tome 2)* que le dernier article académique relatif à l'estimation du COFP pour la France concerne les travaux de Beaud (2008[2]) et aboutit à un COFP moyen de 1,2.

Enfin, dans le cadre des évaluations coûts-avantages, on note que :

– le COFP doit s'appliquer aussi bien aux flux de dépenses publiques qu'aux flux de recettes publiques, en ce sens que les recettes constituent des prélèvements évités ;

– en règle générale, il n'y a pas lieu de distinguer, dans l'évaluation coûts-avantages du projet, la valeur du COFP selon l'origine des fonds publics (en recette ou en dépense[3]). Toutefois, dans le cas où il serait instauré un prélèvement obligatoire spécifique au projet, l'analyse socioéconomique devrait alors porter simultanément sur l'évaluation coûts-avantages du projet et sur ledit prélèvement, pour laquelle un COFP spécifique devrait être estimé ;

(1) Qu'ils soient forfaitaires et « mal ajustés » ou non forfaitaires.
(2) Beaud M. (2008), « Le coût social marginal des fonds publics en France », *Annales d'économie et de statistique*, n° 90, p. 215-232.
(3) Par exemple, si des recettes de taxes « Pigouviennes » (i.e. visant à internaliser dans le prix TTC le coût des externalités négatives engendrées par la consommation d'une unité de bien) sont utilisées pour financer des projets d'infrastructures, il n'y a néanmoins pas lieu de leur affecter un COFP différent du COFP moyen dans l'analyse socioéconomique du projet. En effet, même si ces taxes ont par construction un COFP proche de zéro (et que leur mise en œuvre doit être favorisée afin de diminuer à terme le COFP moyen du système fiscal tout en générant des recettes budgétaires), elles ont le caractère d'un prix qui est indépendant de la réalisation de projets d'infrastructures.

– chaque projet doit être optimisé (variante, dimensionnement, année de réalisation) de façon à maximiser la VAN-SE à l'origine des temps.

Recommandation

Retenir un coût-marginal ou coût d'opportunité des fonds publics (COFP) égal à 1,2.

5.2. Le recours possible à un coût-fictif de rareté des fonds publics, en cas d'enveloppe budgétaire insuffisante

Une fois pris en compte le COFP, tous les projets dont la VAN-SE optimisée à la date de réalisation du projet se révèle positive devraient être réalisés, car investir un euro supplémentaire dans ces projets créerait une valeur collective supérieure à la destruction de valeur provenant du prélèvement obligatoire de cet euro. L'encadré joint à la fin de cette section définit avec plus de précision la règle qui vient d'être énoncée. Il rappelle les modalités de détermination de la date de réalisation optimale d'un projet et les règles d'établissement des programmes lorsqu'il n'y a pas de pénurie de fonds publics, c'est-à-dire lorsque tous les investissements rentables peuvent être financés.

Cependant, dans la réalité, il peut arriver, et c'est le cas actuellement, que la taille des enveloppes annuelles de fonds publics disponibles pour financer des projets d'infrastructures ne permette pas de financer la liste complète des projets dont la VAN-SE (après prise en compte du COFP) optimisée quant à la date de réalisation est positive. Un tel rationnement discrétionnaire des fonds publics, décidé par la puissance publique, peut en effet intervenir dans diverses situations macro-économiques telles que les périodes de surchauffe du cycle conjoncturel ou de consolidation budgétaire, comme celle qui est menée actuellement au sein de la zone euro.

En présence de contraintes sur les prélèvements obligatoires disponibles, il convient de déterminer, au sein de la liste complète des projets socioéconomiquement rentables, la liste et la date de réalisation des projets qui maximiseraient leur VAN-SE cumulée tout en respectant les contraintes annuelles de financement public.

Pour ce faire, plusieurs procédures sont envisageables selon l'information disponible sur les chroniques de crédits actuelles et futures. Si l'on connaît la chronique des enveloppes disponibles de fonds publics, on collecte la liste de tous les projets candidats en vue de leur appliquer un logiciel de programmation linéaire sous contrainte, qui, comme l'ont préconisé et testé Quinet et Sauvant (2007), permettrait de sélectionner les projets à réaliser et fournirait en outre leurs caractéristiques optimales, y compris leur date de réalisation.

Comme l'a montré Maurice (2007), on parviendrait au même résultat si la puissance publique annonçait une chronique annuelle appropriée notée « φ_t » de prix fictifs de rareté des fonds publics[1] (PFRFP), en demandant à chaque maître d'ouvrage de calculer lui-même la VAN-SE de son projet en multipliant tout euro net de dépense

(1) φ_t est le « multiplicateur de Lagrange » associé à la contrainte budgétaire de l'année t. Le programme centralisé préconisé par Quinet et Sauvant fournit directement cette chronique.

publique de l'année t par le facteur *(1 + λ + φ_t)*, d'optimiser cette VAN-SE (variante, dimensionnement, date de réalisation) et de réaliser le projet si et seulement si sa VAN-SE optimisée est positive (ou nulle).

Cependant les contraintes budgétaires annuelles ne sont connues que de manière très imparfaite, surtout sur l'horizon de temps utilisé dans les évaluations de projet ; par ailleurs, le choix de programmation optimale et la chronique de PFRFP dépendent de la liste des projets examinés, liste qui peut évoluer avec le temps. Dans ces conditions, on peut envisager une méthode hybride en deux étapes, qui éviterait d'annoncer *a priori* la chronique des enveloppes annuelles de fonds publics ou celle des coûts fictifs de rareté des fonds publics.

Dans une première étape, au niveau décentralisé, il s'agirait de tenir compte seulement du COFP (en majorant par $1 + \gamma$ les dépenses publiques nettes du projet) et d'optimiser chaque projet (variante, dimensionnement, date de réalisation). Dans une deuxième étape, les projets issus de la première étape seraient rassemblés à l'échelon central qui leur appliquerait le logiciel Quinet-Sauvant de programmation sous contrainte des enveloppes annuelles de fonds publics disponibles dans la mesure où celles-ci peuvent être définies à un niveau sectoriel suffisamment fin. Si ces enveloppes sont mal connues, on pourra procéder au calcul en cause dans différentes hypothèses concernant ces enveloppes. Cet exercice devrait être fait dans la transparence vis-à-vis de l'échelon décentralisé et vis-à-vis des parties concernées (administrations locales et centrales, partenaires sociaux, etc.), de façon qu'il constitue une aide à la concertation pour les décideurs et financeurs.

Dans une autre formulation plus simple de cette méthode, le calcul décentralisé serait à faire en tenant compte, non du seul COFP, mais en incorporant, à titre provisionnel, une certaine valeur du prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP), qui – pour simplifier – serait constante dans le temps, et notée φ. Chaque euro public net dépensé devrait ainsi être multiplié par le CCFP $(1+\lambda+\varphi)$, sur la base duquel chaque projet devrait être optimisé (variante, dimensionnement, année de réalisation), un projet étant à réaliser si et seulement si sa VAN-SE optimisée est positive (ou nulle).

On note qu'avec ces hypothèses simplificatrices, la date optimale de réalisation d'un projet dont les avantages augmentent constamment dans le temps *(voir encadré en fin de section)* est fournie par la règle simple selon laquelle, à cette date, le taux de rentabilité immédiate (en incorporant le coefficient d'opportunité des fonds publics COFP et le prix fictif de rareté des fonds publics PFRFP) est égal au taux d'actualisation[1].

La commission propose de retenir, pour ses avantages pratiques et en l'absence actuelle d'organisme chargé de la programmation centrale, la méthode hybride simple, pour laquelle se pose la question de la valeur de ce coefficient PFRFP : des simulations effectuées par Quinet et Sauvant (2005) avaient abouti à une valeur de 0,2 avec un taux d'actualisation de 4 %. Maintenant, dans la période transitoire on est en présence de deux systèmes : d'abord un taux d'actualisation traditionnel unique de 4,5 %, et dans ces conditions, le PFRFP passerait à 0,07 ; ensuite un système avec distinction du taux sans risque et de la prime de risque, et il semble que la valeur du

(1) La préconisation du rapport Lebègue consistant à classer les projets par ordre décroissant du ratio VAN-SE par euro public dépensé est imprécise car elle ne dit rien sur la date optimale de réalisation du projet, qu'il importe de déterminer.

coefficient serait de l'ordre de 0,05. En tout état de cause, une réévaluation de ce coefficient serait nécessaire.

Recommandations

- Organiser de manière périodique (par exemple tous les cinq ans) des exercices de programmation permettant d'appliquer le logiciel de programmation sous contrainte des enveloppes annuelles de fonds publics disponibles. Cet exercice permettrait de déterminer la liste et la date de réalisation des projets à retenir ainsi que le coefficient PFRFP (prix fictif de rareté des fonds publics) à appliquer à tout euro public dépensé.
- À défaut, on pourrait établir le choix des projets à retenir et leur date de réalisation en appliquant un PFRFP constant, qu'on pourra prendre pour la période actuelle égal à 0,05, à défaut de simulation nouvelle qui serait fort utile. Ce PFRFP est à ajouter au COFP qui s'applique en toute hypothèse, qu'il y ait ou non rareté des fonds publics.

Notons que la pratique jusqu'ici recommandée se référait au rapport Lebègue[1] (2005), qui préconise de hiérarchiser les projets par ordre décroissant du ratio « *Bénéfice socioéconomique net actualisé (ou VAN), tenant compte du COFP, par euro public dépensé* », et de ne retenir que ceux dont la somme cumulée des dépenses publiques est compatible avec l'enveloppe des financements publics disponibles. Il a paru à la commission que la préconisation du rapport Lebègue (2005) constitue certes une première approche, qui s'avère cependant imprécise car elle ne fait pas entrer en ligne de compte la date optimale de réalisation de chaque projet, alors que la VAN-SE d'un projet dépend de sa date de réalisation[2] et, souvent, de celles de certains autres projets.

Note sur les principaux indicateurs relatifs à la rentabilité des projets et sur les règles d'élaboration des programmes en présence d'un taux d'actualisation unique et en l'absence de rareté des fonds publics

Cette note est établie dans le cas d'un taux d'actualisation unique, et ne s'applique pas dans le cadre du nouveau système d'actualisation adopté (voir la section précédente sur l'éligibilité).

Pour un projet donné, on peut définir différents indicateurs de rentabilité[3]

La valeur actualisée nette (VAN-SE) : la VAN d'un projet représente l'agrégation de l'ensemble des coûts (y compris investissement initial) et des avantages d'un projet sur sa durée de vie. L'agrégation des flux générés à deux dates différentes est permise grâce à « l'actualisation », méthode par laquelle on peut tenir compte de l'évolution de la valeur de l'argent dans le temps : schématiquement, à la date actuelle, un euro obtenu demain

(1) Lebègue D. (2005), *Le prix du temps et la décision publique*, Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française.
(2) À titre d'exemple, un projet d'une durée de vie limitée et dont l'objectif premier serait de permettre des économies d'émissions de CO_2 n'aurait pas été déclaré comme rentable lorsque la valeur tutélaire de la tonne de CO_2 évitée était basse, voire inexistante, et le sera d'autant plus s'il est prévu que cette valeur croisse dans le temps.
(3) On rappelle que pour pouvoir être comparés entre eux, les projets doivent avoir été évalués avec le même taux d'actualisation, la même date d'actualisation, le même horizon temporel et la même méthode d'évaluation de la valeur résiduelle.

vaut moins qu'un euro obtenu aujourd'hui. En notant β_i les avantages et C_i les coûts de l'année i (multipliés pour les coûts budgétaires par le COFP pour lequel on préconise la valeur 1,2[1]), r le taux d'actualisation, N_i l'année de début des investissements, VR la valeur résiduelle du projet et D le nombre d'années de vie du projet, l'expression de la VAN exprimée en euros de l'année 0 est donnée par :

$$VAN = \sum_{i=N_i}^{i=N_i+D} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} + \frac{VR}{(1+r)^{N_i+D+1}}$$

Pour un projet donné, on peut définir sa **VAN financière** et sa **VAN socioéconomique**. La première se définit du point de vue de l'investisseur financier et agrégera donc les flux de trésorerie du projet actualisés avec le taux d'actualisation propre à l'entreprise[2] et en euros courants. La seconde se définit du point de vue de la collectivité et prendra en compte, en plus des flux financiers (en euros constants), les coûts et les avantages non marchands (typiquement les coûts environnementaux, les gains de temps, etc.) qui auront pu être monétarisés, le tout actualisé avec un taux fixé par la puissance publique. Lorsqu'un projet a une VAN positive cela signifie qu'il est préférable à une situation sans projet, dite situation de référence *(voir la contribution de Claude Abraham sur le sujet, dans le tome 2)*, mais cela n'assure en rien qu'il n'y a pas un autre projet encore plus profitable. Cette affirmation s'applique en particulier à la date de réalisation, car le même projet réalisé à deux dates différentes représente deux variantes alternatives.

Lors de la réalisation d'un projet ou d'un programme de projets, l'objectif premier doit être la maximisation de la VAN.

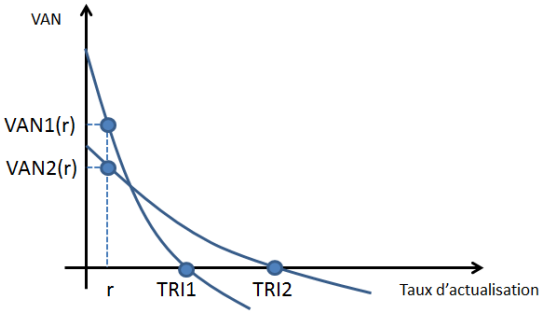
Le taux de rentabilité interne (TRI) : pour un projet donné dont l'année de début de mise en œuvre a été arrêtée, le TRI est le taux d'actualisation qui annule sa VAN. On a donc :

$$VAN_{€\ année\ 0}\ (TRI, N_i) = 0$$

La VAN étant généralement une fonction décroissante du taux d'actualisation (la plupart des coûts étant consentis lors des premières années et les avantages étant généralement croissants dans le temps, sauf dans le cas de PPP), il ne faut réaliser un projet que si son TRI est supérieur au taux d'actualisation. Néanmoins, le classement de projets par ordre décroissant de TRI ne garantit par une hiérarchisation optimale des projets *(voir figure 1)*. Par ailleurs, dans les cas où les flux d'avantages nets suivent des variations plus complexes, plusieurs TRI peuvent exister *(voir figure 2)*.

Notons que, comme la VAN, le TRI dépend de la date de mise en service du projet.

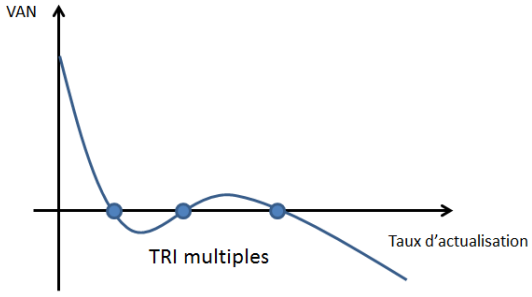
Figure 1 – Hiérarchisation par VAN et par TRI



Source : DG Trésor

(1) Voir justification ci-dessus.
(2) Ce taux est généralement égal au coût moyen pondéré du capital, moyenne pondérée de la part de dette et de la part de capitaux propres dans le montage financier du projet.

Figure 2 – Cas d'une VAN à TRI multiples



Source : DG Trésor

Le taux de rentabilité immédiate (TRimm) : pour un projet donné dont l'année de début de mise en œuvre a été arrêtée, le TRimm est le rapport entre l'avantage net que procurerait le projet cette année-là et le coût de l'investissement (les uns et les autres calculés en multipliant tout euro public par le COFP).

Dans le cas particulier quoique relativement fréquent où les avantages nets du projet sont non décroissants et que l'investissement initial ne dépend pas de l'année de début de mise en œuvre, on peut démontrer[1] que la date optimale de réalisation d'un projet correspond à la date à laquelle le TRImm du projet est égal au taux d'actualisation[2]. Au-delà de cette date, et sous les hypothèses mentionnées ci-dessus, le projet doit être réalisé le plus rapidement possible. En présence d'un coût des fonds publics, il faut appliquer ce principe en multipliant les coûts par le coût d'opportunité des fonds publics.

Le ratio « VAN/euros publics investis » : pour un projet donné dont l'année de début de mise en œuvre a été arrêtée, ce ratio représente la création de valeur nette engendrée par euro *public* investi. Comme le TRI, ce ratio ne fournit qu'une hiérarchisation approchée. Il en est de même du ratio « VAN/Euro investi ».

Règle d'établissement d'un programme optimal

Prenons le cas de projets indépendants dont les avantages augmentent avec les années et sont indépendants de la date de réalisation. La règle est que chaque projet doit être réalisé lorsque son TRImm (COFP compris) est égal au taux d'actualisation, sous la condition qu'alors sa VAN-SE soit positive (cette règle doit être adaptée lorsqu'il y a montée en charge des trafics après la mise en service). Les crédits sont d'un niveau suffisant lorsque tous les projets obéissant à cette règle peuvent être financés. Lorsqu'il n'en est pas ainsi, on se trouve en situation d'insuffisance des crédits ; il convient alors d'ajouter au coût d'opportunité des fonds publics (COFP) un prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP), de recalculer en multipliant chaque euro public par (COFP + PFRFP) la VAN-SE et la date optimale de réalisation de chaque projet, et d'ajuster le PFRFP de façon à ce que la liste des projets programmés épuise l'enveloppe des fonds publics disponibles ; à défaut d'itération, on pourra par exemple adopter un PFRFP égal à 0,05. On voit que cette règle ne fait intervenir ni le TRI ni le ratio « VAN/euro public investi ». Lorsque les projets ne sont pas indépendants, ou lorsque leurs avantages ne sont pas croissants dans le temps, la règle s'exprime de façon moins simple mais est de même nature.

(1) Voir Abraham et Laure (1959) pour une première démonstration. La règle suppose que les avantages soient croissants dans le temps et qu'ils ne dépendent pas de la date de réalisation. Elle doit être légèrement adaptée pour tenir compte des éventuelles montées en charge des avantages annuels.
(2) Notons que cette règle indique que le projet doit être réalisé non pas lorsque sa VAN est positive mais lorsqu'elle est maximale.

6. Récapitulation des critères de choix

Dans cette section on récapitule sous forme de synthèse l'ensemble des dispositions présentées dans les sections précédentes, et qui permettent de définir le système de choix des projets à partir de la connaissance des avantages et des coûts préalablement calculés.

Il convient d'abord de tenir compte des facteurs mis en évidence dans la section 5 relatifs aux coûts d'opportunité et de rareté des fonds publics :

– la première opération est de multiplier les dépenses publiques de construction et de maintenance par le coût d'opportunité des fonds publics (COFP) dont la valeur recommandée est 1,2 ;

– pour les dépenses de construction, on multiplie ensuite la partie financée sur fonds publics par le prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP). Ce PFRFP, qu'il serait opportun de recalculer pour tenir compte de la situation actuelle, peut être pris par défaut égal à 0,05.

On doit aussi prendre en compte l'horizon du calcul, qui est allongé ; on effectuera les calculs en tenant explicitement compte des évolutions des trafics et des valeurs unitaires jusqu'en 2070. Au-delà, prendre en compte une valeur résiduelle, correspondant à l'actualisation sur 70 ans, soit jusqu'en 2140, des avantages en stabilisant les trafics et les valeurs unitaires, sauf celle du carbone pour laquelle on continuera l'évolution du prix unitaire selon les règles établies, et en prenant en compte les dépenses d'entretien et de renouvellement qui devraient intervenir en raison de la durée de vie technique des ouvrages.

Ensuite, les règles d'éligibilité des projets doivent tenir compte de ce qu'on a choisi pour l'actualisation un système nouveau, séparant le taux sans risque et le risque systémique, pour lequel on n'a pas d'expérience et la théorie est encore incomplète.

Pour cette raison, la commission recommande d'effectuer les calculs en utilisant un taux sans risque de 2,5 %, une prime de risque de 2 % (respectivement 1,5 % et 3 % après 2070) ainsi que les bêtas dont des valeurs sont données dans le rapport pour le secteur des transports. En raison de la nouveauté de ce système, on mettra également en œuvre, dans une période transitoire, des calculs reposant sur le système ancien d'un taux unique fixé à 4,5 %.

Dans le système nouveau, les règles d'éligibilité sont les suivantes : le « go » d'un projet doit être envisagé lorsque, à la mise en service résultant du délai de réalisation après le go en question, la rentabilité immédiate calculée (l'espérance de rentabilité immédiate) sera égale à 4,5 %. Ensuite, il faut vérifier que la VAN calculée à cette date de réalisation est positive. Dans ce calcul de la VAN on actualisera les avantages et les coûts avec leurs bêtas respectifs (souvent, on pourra globaliser les bêtas des avantages en un seul, sauf si les effets sur les émissions de CO_2 sont importants, ce qui sera en général le cas dans le long terme ; on prendra alors pour le prix du CO_2 un bêta de 1, comme indiqué dans la section 9) ; alors on prendra les bêtas normalisés. En revanche, il faudra actualiser les coûts de construction avec leur bêta propre, fixé par défaut à 0,5. Si la VAN ainsi calculée est positive le projet doit être réalisé à la date vue plus haut ; sinon il ne doit pas être réalisé. Son cas pourra être réexaminé ultérieurement en fonction de l'évolution, par construction aléatoire, des avantages et des coûts.

Dans le système ancien où le taux est unique et fixé à 4,5 %, les règles classiques bien connues et rappelées dans les sections précédentes s'appliquent ; on réalise l'investissement à la date (certaine dans le cas présent) à laquelle le taux de rentabilité immédiate est égal au taux d'actualisation, ici 4,5 %. On notera que dans ces conditions, la date de mise en service est la même dans les deux systèmes mis en parallèle. Il faut bien sûr aussi vérifier que la VAN est positive, ce qu'on fera par le calcul classique traditionnel.

Les règles d'éligibilité dans le système d'actualisation nouveau sont fragiles : on a vu que les paramètres du système d'actualisation nouveau sont appréciés avec une marge de subjectivité ; l'analyse théorique de l'optimisation à réaliser montre que le résultat dépend de paramètres qu'on ne connaît pas actuellement, que le modèle standard utilisé n'est qu'approché et qu'on ne connaît pas le degré d'approximation correspondant ; que le résultat du système nouveau dépend étroitement de la croissance des avantages, donc de la solution de référence dont on ne dispose pas actuellement. C'est la raison pour laquelle est proposé ce système de double commande, avec deux systèmes de taux d'actualisation, et qu'il est recommandé de faire des variantes sur le taux sans risque et la prime de risque (on évoque des valeurs de 3,5 % et 1 % pour ces deux paramètres), ainsi que sur la croissance des avantages.

Durant la période transitoire, qu'il faut souhaiter la plus courte possible et qui devrait faire l'objet d'intenses études, il convient de définir de façon robuste les conditions d'éligibilité, d'estimer les paramètres dont elle dépend, et en particulier d'évaluer leur importance respective ; tout ceci passe par une exploration et une meilleure connaissance des processus stochastiques et des fonctions d'utilité en cause. Il convient aussi de fixer les scénarios de référence supports des évolutions à long terme.

À l'issue de cette période transitoire, il sera possible de confirmer ou éventuellement d'ajuster les valeurs du système d'actualisation (taux sans risque et prime de risque), de fournir des valeurs pour les autres paramètres intervenant éventuellement dans le calcul et de fixer les règles d'éligibilité nouvelles à appliquer.

Le système de double taux d'actualisation rend compte du risque systémique. Celui-ci peut aussi faire l'objet de méthodes qui sont traditionnellement appelées « au numérateur » par opposition aux méthodes mises en œuvre à travers le système de double taux, appelé « au dénominateur ». Dans la méthode au numérateur, on analyse le comportement de la VAN du projet dans différents scénarios de croissance économique. On a noté que les deux méthodes ne se superposent pas, mais se complètent. La méthode au dénominateur doit être appliquée à tous les projets car elle permet une comparaison et un interclassement cohérent avec la théorie économique. La méthode au numérateur est plus parlante pour le décideur et est propice au dialogue ; elle permet aussi de mieux cerner les comportements vis-à-vis de l'incertitude de certains grands projets, de fournir des « stress tests » ; elle peut permettre d'affiner les valeurs des bêtas du projet. Elle doit être utilisée le plus souvent possible et en particulier pour les grands projets. Cette méthode doit être mise en œuvre à partir de scénarios normés suffisamment différenciés (un exemple de tels scénarios est fourni dans le tome 2 du présent rapport).

La méthode au numérateur fait partie de la famille des analyses de scénarios, probabilisés ou non, qu'il convient de mobiliser pour l'analyse des risques diversifiés.

Des incertitudes de ce type ont de multiples influences néfastes sur la rentabilité des investissements : elles obèrent les conditions de financement et d'implication des opérateurs privés ; pour les opérations à financement public, elles perturbent le bon déroulement de la planification, obligeant à retarder ou ralentir certaines opérations pour financer les dépassements d'autres opérations, avec des coûts supplémentaires importants. Elles jouent un rôle spécial dans les montages financiers liés aux PPP ou aux concessions. Le rapport souligne leur importance et le soin qu'il faut apporter à les traiter.

7. Le calcul économique et les modalités de commande publique

Les modalités de réalisation des projets sont nombreuses. Pour ne citer que les grandes catégories couramment utilisées en France, on distinguera dans la suite :

– la Maîtrise d'ouvrage publique (MOP) dans laquelle l'État finance la construction et l'exploitation de l'ouvrage ;

– la Délégation de service public (DSP) dans laquelle l'État concède à un opérateur privé la construction de l'ouvrage, que celui-ci finance sur des fonds propres ou des emprunts gagés par les recettes ou péages qu'il perçoit et ce, sur une durée fixée contractuellement, au bout de laquelle l'ouvrage et son exploitation reviennent à l'État ;

– et le Contrat de partenariat (CP) dans lequel l'État délègue à un opérateur privé la construction, son préfinancement et l'exploitation de l'ouvrage, contre le paiement d'un loyer annuel pendant la durée du contrat.

Chaque projet, quel que soit son mode de réalisation, doit faire l'objet d'une analyse socioéconomique qui intervient dans la décision de réaliser ou non le projet et qui devrait également, si on décide de le faire, permettre de choisir entre les modalités de financement. Faut-il tenir compte des modalités de financement des projets dans l'analyse socioéconomique et de quelle manière ? C'est à ce problème qu'est consacrée la présente section. Elle ne vise pas à en fournir une analyse exhaustive, simplement à rappeler quelques principes, à poser quelques jalons, et à appeler à des recherches ultérieures.

Notons d'abord que ce problème ne se pose que lorsque le projet en est à un point de maturation suffisant pour qu'on dispose des informations nécessaires permettant de distinguer la valeur des paramètres (coûts, délais de réalisation, avantages retirés, volume de clientèle, etc.) et leurs différences selon le mode de financement. Lorsqu'il en est ainsi, l'analyse socioéconomique peut aider à comparer l'intérêt respectif des différentes possibilités de financement. Elle ne se substitue pas à l'analyse financière et à l'analyse des risques du projet qui déterminent les conditions d'intervention du partenaire privé et les modalités du contrat qui le lient à la puissance publique pour satisfaire au mieux les intérêts de celle-ci. Ces analyses permettent aussi d'apprécier la soutenabilité budgétaire du projet pour la personne publique. Les trois types d'analyses doivent être menés en parallèle et répondent à des objectifs différents. L'analyse socioéconomique doit en revanche contribuer à choisir entre ces modalités de réalisation en faisant apparaître leurs avantages et inconvénients pour la collectivité.

Cette comparaison doit être fondée sur les principes généraux de l'analyse socioéconomique. En particulier, elle doit calculer les avantages du projet selon les méthodes générales décrites dans le reste du rapport. Elle doit se fonder sur les mêmes valeurs unitaires de référence et tutélaires, utiliser le même système d'actualisation. Elle doit prendre en compte les coûts de construction et d'entretien tels que l'opérateur les supportera. Elle doit s'effectuer en euros constants.

Sur ces bases, les différences entre schémas de réalisation tiennent essentiellement aux coûts et accessoirement au volume de la fréquentation de l'ouvrage. Elles dépendent aussi de la façon dont les risques du projet sont répartis entre la personne publique et la personne privée (chaque risque devant être théoriquement attribué à la partie qui est la mieux à même de le gérer).

Pour les exposer on prendra la référence de la MOP, et on raisonnera en différence entre la DSP ou le CP et la MOP : en effet, l'analyse socioéconomique opère toujours par comparaison entre deux solutions et calcule la rentabilité de la solution évaluée par rapport à une solution de référence.

D'abord, la chronique des coûts de construction peut être différente : on peut attendre que les coûts soient plus faibles en montage « privé », sous réserve qu'ils ne soient pas obérés par des taux d'intérêt plus élevés, et que les délais soient raccourcis, réduisant ainsi les intérêts intercalaires (un point à approfondir est de savoir s'il faut les calculer à travers le taux d'actualisation, le coût moyen pondéré du capital ou le taux du marché bancaire). L'application du coût des fonds publics, et éventuellement du coefficient de rareté des fonds publics, se fera sur la partie des coûts précédents qui sont supportés par la puissance publique, et sur les loyers dans le cas du CP. Le montant et l'échelonnement dans le temps de ces décaissements de fonds publics dépendent du schéma de financement.

Les différences peuvent tenir aussi aux conséquences éventuelles de la tarification appliquée aux services rendus : si cette tarification est différente selon le schéma de financement, elle entraînera des différences dans la répartition du surplus collectif et dans son montant.

La prise en compte du risque dans l'analyse socioéconomique ne doit pas dépendre des modalités de financement, tant qu'elles n'influent pas sur les incitations et que les risques sont aussi bien mutualisés par la personne privée que par la personne publique. Sous ces hypothèses fortes, seul subsisterait le risque systémique et dans ces conditions, le coefficient bêta à prendre en compte serait le bêta socio-économique et non le bêta financier qui pourrait résulter d'une analyse du type CAPM (cette dernière analyse garde toutefois tout son sens dans l'évaluation financière du projet). Si l'on relâche ces hypothèses, dont le réalisme n'est pas assuré, la question devient cependant plus complexe. L'encadré suivant illustre sous des hypothèses très simplificatrices certaines difficultés méthodologiques posées par la comparaison entre MOP et PPP. Celle-ci requiert en général une analyse fine des risques conservés ou transférés par la personne publique au PPPiste, en tentant, autant que faire se peut, de les valoriser. Des analyses plus poussées sont recommandées sur ce sujet de la prise en compte du risque, notamment en expertisant les pratiques des pays ayant mis en œuvre des PPP sur une grande échelle.

Choix entre PPP et MOP

Soit un investissement pouvant être réalisé en PPP ou en MOP. On suppose pour simplifier que les avantages du projet sont les mêmes en MOP ou en PPP et que le choix du mode de commande n'influe donc que sur les coûts. Le problème se réduit donc à la minimisation des coûts correctement actualisés (on a négligé ici par souci de simplicité le coût d'opportunité des fonds publics).

On note C_t^{MOP} et C_t^{PPP} les séries de coûts respectifs en MOP et PPP, qui sont des variables aléatoires intégrant les risques *a priori* différents en MOP et en PPP, et r_t^{MOP} et r_t^{PPP} les taux avec prime de risque (socioéconomique) associés à ces coûts. On peut envisager deux manières d'opérer cette comparaison :

- Soi en comparant directement :

$$\sum E\left(C_t^{MOP}\right)/(1+r_t^{MOP})^t \text{ et } \sum E\left(C_t^{PPP}\right)/(1+r_t^{PPP})^t$$

Supposons que le choix du mode de commande publique n'influe que sur l'espérance du coût (le numérateur) ; il faut alors, pour effectuer la comparaison, définir les valeurs des taux r_t^{MOP} et r_t^{PPP} ; une première hypothèse est qu'ils sont égaux, ce qui implique en particulier que le PPPiste mutualise les risques aussi bien que l'État, mais ce point serait à approfondir. Notons que cette méthode suppose qu'on puisse apprécier les coûts du PPPiste.

- Soit en faisant l'hypothèse que la concurrence est suffisamment forte pour que le bilan du PPPiste soit nul. Dans ce cas, la comparaison se ramène à celle des coûts supportés par l'État, qui sont des loyers L_t^{PPP} dans le cas du PPP, de taux avec prime de risque r_t^L. L_t^{PPP} et C_t^{PPP} sont liés par le coût de financement du PPPiste et on compare alors :

$$\sum E\left(C_t^{MOP}\right)/(1+r_t^{MOP})^t \text{ et } \sum E\left(L_t^{PPP}\right)/(1+r_t^{L})^t$$

En première approximation, r_t^L devrait être proche du taux sans risque car le paiement des loyers est assez certain.

Les différences entre MOP et financement privé résident également dans le niveau des coûts, dans le rythme de réalisation de l'investissement et dans le niveau ainsi que l'échéancier des paiements publics. Que peut-on dire à ce sujet ? L'effet du financement privé sur le niveau des coûts et sur les délais peut être analysé à la fois sur le plan théorique et selon les résultats de l'expérience.

Au plan théorique, l'abondante littérature sur le sujet montre que l'effet de productivité dépend de la nature plus ou moins incitative du contrat (à travers par exemple les engagements de performance négociés dans le cadre d'un CP, contrat global où la maîtrise d'ouvrage est déléguée au partenaire privé).

Les analyses économétriques menées sur ces sujets n'ont pas en général la précision suffisante pour cerner ce point, à quelques exceptions notables près (par exemple les

études d'Ivaldi et Vibes sur les contrats de transport urbain), et même si elles mettent en évidence globalement une réduction des coûts et des délais.

Les contributions jointes *(voir tome 2)* se situent dans le cadre de ces principes généraux. Celle d'Antonio Estache fait un panorama des expériences de financement privé à travers le monde et de la manière dont sont menées les évaluations socioéconomiques et financières ; elle met en évidence les bilans de ces expériences et les choix faits en matière de taux d'actualisation. Celle d'Alain Bonnafous et Bruno Faivre d'Arcier montre à travers des simulations dans quelles conditions les réductions de coût peuvent compenser les péages d'une DSP et les effets négatifs qu'ils ont sur la fréquentation et les surplus des usagers. Enfin, la contribution de Michel Scialom (MAPPP)[1] s'interroge sur le choix entre une MOP et un CP, compte tenu des modes de financement de chacun de ces deux schémas et des risques différents qu'ils font porter à la personne publique.

Les deux dernières contributions mettent en particulier en lumière l'intérêt de calculer des valeurs de basculement, c'est-à-dire les valeurs seuils des économies de coûts ou des réductions de délais qui font basculer l'avantage d'une solution de financement à l'autre.

8. La valeur statistique de la vie humaine

8.1. Le référentiel : enjeux et méthodes

Dans les calculs socioéconomiques, la référence d'une valeur de la vie humaine, qu'on qualifie ici de valeur de la vie statistique (VVS) pour éviter toute ambiguïté[2], permet d'évaluer l'impact d'une dépense, d'une réglementation, d'un investissement sur le risque décès. Dans les évaluations des projets d'investissement du secteur des transports, cette référence est utile par exemple pour apprécier les gains des investissements visant à réduire le risque d'accident sur les infrastructures. Elle est aussi utile pour apprécier les impacts sur la santé de la pollution atmosphérique occasionnée par le secteur des transports ou par tout autre secteur.

La commission a considéré que les valorisations à établir devaient prendre certes en compte les comportements observés, tels que les arbitrages des agents vis-à-vis des situations comportant un risque de mortalité, mais qu'elles constituaient aussi un choix politique. À ce titre, elles doivent aussi se fonder sur des aspects d'ordre éthique, tels que l'égalité de tous les citoyens en matière de santé, et traduire les décisions et priorités données par la puissance publique là où se présentent des enjeux de santé.

On rappellera d'abord les valeurs retenues par les études antérieures ; puis on examinera les résultats des études comportementales, qui seront ensuite intégrés aux signaux envoyés par les décisions politiques en matière de santé pour aboutir aux propositions de la commission. Le texte qui suit s'appuie sur la contribution de Luc Baumstark, Benoît Dervaux et Nicolas Treich figurant dans le tome 2 du rapport.

(1) MAPPP : Mission d'appui aux partenariats public-privé.
(2) Ces valeurs doivent être comprises non comme une valeur de la vie humaine mais bien comme l'effort que la collectivité est prête à consentir pour réduire un risque de décès.

8.2. Les propositions du rapport Boiteux

En 2001, il avait été décidé dans le rapport Boiteux d'augmenter significativement le référentiel de la VVS de l'administration française et de retenir un niveau de 1,5 million d'euros 2000 avec une réfaction de 50 % pour les décès routiers, pour tenir compte de divers facteurs tels que la responsabilité individuelle engagée dans les accidents de la route et les biais de sélection dans l'occurrence de ces accidents[1]. Le rapport donnait une prime aux méthodes qui se basaient sur le consentement à payer, et s'écartait ainsi de travaux plus anciens basés sur le capital humain et sur les calculs de coûts (indemnisations, assurance, estimations des pertes subies par la collectivité ou l'individu et son entourage, etc.) qui conduisaient à retenir des valeurs plus faibles.

L'absence d'études particulières autour de la valorisation des blessés graves et légers avait conduit à retenir une proportion du référentiel de la VVS respectivement de 10 % et 2 % sur la base des pratiques observées dans les autres administrations et des études internationales sur le sujet en actant une pondération plus favorable pour les blessés graves (15 %).

Par ailleurs, ce rapport fixait une règle d'évolution de cette valeur de référence (valeur 2000), valeur en termes réels (hors inflation) qui devait croître au rythme de la consommation par tête des ménages. Cette règle cherche à traduire l'intuition selon laquelle le bien sécurité est d'autant plus valorisé dans la société que le niveau de vie est important.

Enfin, cette référence servait dans la production de référentiels relatifs aux effets de la pollution atmosphérique sur la santé. Elle était ajustée pour tenir compte du fait que l'âge moyen du décédé et son état de santé n'étaient pas les mêmes selon qu'on considérait les accidents de la route ou l'impact sur la santé d'une exposition de la population à la pollution.

8.3. Les perspectives ouvertes par les nouvelles études européennes

Les valeurs ci-dessus peuvent être actualisées au regard de l'état de l'art de la littérature scientifique, des pratiques des administrations et des nouvelles données disponibles.

Depuis l'élaboration du rapport Boiteux, en effet, la valorisation de la vie humaine a fait l'objet d'une littérature académique théorique et empirique abondante. Des travaux de synthèse[2] ont été entrepris ces dernières années : on peut citer le programme HEATCO (2005) qui deviendra la référence de nombreux autres dont le *Handbook* sur les coûts externes en 2008 et introduit explicitement le concept d'année de vie perdue (VAV). Le récent rapport de l'OCDE de 2012 propose un travail de synthèse ambitieux de la littérature sur la VVS qui va au-delà du seul secteur des transports (856 études[3]).

(1) Les accidents arrivent de toute évidence plus fréquemment à ceux qui attachent moins de valeur à la vie et prennent plus de risques.
(2) Les méta-analyses sont nombreuses : Liu *et al.* (1997), Miller (2000), Bowland et Beghin (2001), Mrozek et Taylor (2002), Viscusi et Aldy (2003), de Blaeij *et al.* (2003), Bellavance, Dionne et Lebeau (2009).
(3) Toutes les données utilisées dans les analyses sont librement accessibles à l'adresse www.oecd.org/env/politiques/vvs.

En se basant sur ces résultats des études de type préférences annoncées, le rapport de l'OCDE donne un cadrage général pour l'utilisation d'une valeur de la VVS pour l'OCDE ou pour l'UE-27 :

– la valeur de la vie moyenne pour les adultes pour les pays de l'OCDE se situe entre 1,5 million et 4,5 millions USD (USD de 2005), avec une valeur de référence de 3 millions USD ;

– la valeur de la vie moyenne pour l'UE-27, entre 1,8 et 5,4 millions USD de 2005, avec une valeur de référence de 3,6 millions USD.

Pour déterminer une valeur de la vie statistique nationale de référence, le rapport OCDE recommande de procéder à un transfert de valeurs unitaires en tenant compte du différentiel de revenu (PIB par habitant) entre les pays.

8.4. Proposition pour la valeur de la vie humaine

Les conclusions du rapport OCDE suggèrent d'utiliser pour la France une valeur statistique de la vie (VVS) de référence autour de 3,0 millions d'euros (2010[1]). Cette valeur, significativement plus élevée que celle proposée dans le rapport Boiteux (1,5 million d'euros, en euros 2000, soit 1,9 million d'euros 2010), semble plus compatible avec les valeurs empiriques obtenues récemment par des approches différentes (voir entre autres les survols de Aldy et Viscusi 2004, Robinson et Hammitt 2010 et Andersson et Treich 2011). Notons par exemple aussi que les agences de régulation américaines recommandent d'utiliser des valeurs plutôt supérieures, entre 1 et 10 millions de dollars pour l'Office and Management Budget (2003) et une valeur moyenne autour de 7 millions de dollars (en dollars 2007) pour l'Environmental Protection Agency.

L'analyse des études de comportement aboutit donc à une augmentation sensible de la valeur statistique de la vie par rapport aux valeurs en vigueur jusqu'ici. C'est dans le même sens que vont les signaux émis par les décisions prises au niveau politique, comme celles relatives à la sécurité routière ou à la lutte contre le tabagisme, et plus généralement celles relatives aux politiques de santé. Cette augmentation est en relation avec la montée des préoccupations correspondantes dans l'opinion publique. Il est proposé de retenir une valeur de 3 millions d'euros 2010 dont l'évolution se ferait selon des règles analogues à celles définies dans le rapport antérieur, soit selon le PIB par tête, comme le recommande l'étude OCDE.

Faut-il différencier cette valeur ?

Aussi bien les analyses comportementales que les considérations d'ordre éthique conduisent à la conclusion qu'il ne convient pas de différencier ces valeurs.

(1) Quand on fait le calcul précis à partir des chiffres fournis par l'OCDE, on trouve une valeur de 3,3 millions d'euros en partant de la valeur moyenne indiquée par l'OCDE de 3,6 pour l'UE-27. Cette valeur doit tout d'abord être augmentée pour tenir compte du différentiel de PIB/habitant entre la France et la moyenne UE-27 (en 2005, ce différentiel – en SPA, standard de pouvoir d'achat – est de 10 %). L'ajustement de la valeur proposée s'effectue sur la base du revenu moyen national en utilisant le rapport des PIB des pays élevés à la puissance d'une élasticité-revenu de la VVS de 0,8. Il doit en second lieu être ramené en euro puis actualisé pour être donné en valeur 2010. Cette procédure conduit à une fourchette comprise entre 3 et 3,3 selon qu'on prend en compte ou non l'effet revenu. Comme dans toutes les méta-analyses, ces valeurs comportent un degré d'approximation qui conduit à retenir l'ordre de grandeur de 3 millions d'euros.

Ainsi, en termes d'analyses comportementales, les études (basées sur les préférences déclarées ou révélées) montrent que les valeurs obtenues varient en fonction de nombreux facteurs comme l'âge, l'exposition au risque, la perception des risques, le type de risques considérés ou l'altruisme. Mais ces effets restent encore mal appréhendés.

Concernant l'effet de l'âge sur la VVS, les réflexions théoriques restent ambiguës et les résultats empiriques sur ce sujet diffèrent. Certains travaux rapportent un effet en forme de U-inversé (Aldy et Viscusi 2007) dans lequel la VVS varirait en fonction de l'âge et atteindrait une valeur maximale pour l'individu au milieu de vie et serait donc plus faible en début et en fin de vie. D'autres études indiquent au contraire que la VVS décroît avec l'âge ou ne varie pas (Andersson et Treich 2011).

Il en est de même pour l'effet de l'exposition au risque. La théorie prédit un effet positif qui traduirait que l'effort consenti pour se protéger d'un risque de décès serait d'autant plus important que l'exposition au risque est forte, mais les résultats empiriques sont moins concluants.

Les travaux d'économie comportementale et les analyses statistiques mettent en avant des effets de contexte importants : l'aversion pour le risque change en effet en fonction du contexte dans lequel l'individu se trouve. Ces éléments de contexte pourraient conduire à pondérer la VVS dans certains cas. Toutefois, comme sur les points précédents, les travaux sont encore insuffisants pour fonder une différenciation de la valeur statistique de la vie humaine. Si l'on se réfère à la théorie standard de l'espérance d'utilité basée sur les axiomes classiques de rationalité, le consentement à payer pour une réduction de risque ne devrait dépendre que du changement de probabilité de décès, et non de la cause de ce changement de probabilité.

Concernant l'altruisme (effort qu'une personne est prête à consentir pour éviter un risque de décès pour d'autres personnes que lui-même), il existe de nombreuses études théoriques et empiriques qui traitent de son impact sur la VVS. Plusieurs études empiriques ont montré par exemple que la VVS est moins élevée quand la réduction de risque envisagée dans l'étude est individuelle plutôt que collective, par exemple quand celle-ci concerne toute la famille ou les enfants.

Le seul élément de différenciation qui apparaît tangible et statistiquement significatif est l'effet revenu. Plus celui-ci augmente et plus les valeurs obtenues sont élevées, traduisant le caractère spécifique du bien santé. C'est sur cette base que le rapport de l'OCDE propose les règles de transfert entre pays ; c'est sur cette même base qu'on peut envisager une évolution de la valeur dans le temps. Pour les autres effets et particulièrement celui de l'âge, les résultats théoriques et empiriques sont insuffisants pour justifier la différenciation du référentiel.

De toute façon, cette dernière n'apparaît pas opportune du point de vue éthique. Cette référence est une valeur tutélaire qui exprime la volonté collective de garantir que l'effort engagé en matière de santé est le même quel que soit le secteur et quel que soit l'individu concerné : sauver une vie statistique, ou réduire le risque de décès, doit mobiliser la même somme d'argent quelle que soit la personne en jeu.

8.5. Prendre en compte la qualité de la vie

La VVS reste insuffisante pour intégrer correctement dans les évaluations socio-économiques les enjeux relatifs au risque santé (mieux appréhender des effets qui réduisent l'espérance de vie de quelques annéee, appréhender correctement des effets qui touchent à la morbidité (dégradation de la qualité de vie) et pour mesurer la valeur des actions que peut mener la puissance publique pour réduire le risque santé. Cette réalité conduit à poser la question de l'introduction des outils conçus et développés dans le secteur de la santé de manière à mieux appréhender les effets sur la mortalité d'une part (années de vie gagnées), et sur la morbidité et la qualité de vie d'autre part.

Basculer d'une valeur VVS à la valeur de l'année de vie (VAV)

Les travaux engagés sur ces questions restent encore peu développés pour fonder une valeur monétaire de référence sachant qu'il faut pouvoir par ailleurs assurer une cohérence avec la VVS.

Une première manière de procéder est de considérer que la valeur de l'année de vie est constante sur la période de vie restante d'une personne. La VAV et la VVS sont alors liées par la relation suivante :

$$VVS = \sum_{t}^{T} VAV.(1+\delta)^{-t}$$

où T est le nombre d'années de vie restantes attendu, δ est le taux d'actualisation[1]. Cette approche permet de prendre en compte l'âge des personnes dont le décès est évité par la politique considérée. C'est la méthode retenue par le rapport de l'OCDE ; c'est aussi celle qui avait été pratiquement retenue dans le rapport Boiteux pour le calcul des valeurs santé dans le dossier de la pollution atmosphérique. Cette approche est discutable compte tenu des hypothèses à retenir mais constitue un cadre opératoire clair pour disposer d'une telle référence à défaut d'autres études directes qui devraient être engagées. La mise en œuvre de cette méthode, tenant compte des évolutions dans le temps, aboutit à la valeur de 115 000 euros 2010.

Intégration de la qualité de vie : définition d'un QALY

La qualité de la vie est souvent appréhendée dans le secteur de la santé avec un outil spécifique : l'indice QALY[2] (*quality-adjusted life year* ou années de vie ajustées sur la qualité). Cet indicateur permet de pondérer la durée de vie par des scores de préférence quand la qualité de la vie liée à la santé a été identifiée comme une conséquence importante de la décision. Cet outil a fait l'objet de nombreux débats académiques.

(1) Cette relation suppose que la VAV est constante dans le temps. Le résultat dépend très fortement de la valeur du taux d'actualisation et de la période retenue. Nous retenons dans le calcul une période de 40 ans sur la base de l'âge moyen de la population française et l'espérance de vie et un taux d'actualisation de 2,5 %.

(2) On utilise également le DALY (« *disability-adjusted life year* » ou années de vie ajustées sur l'incapacité), qui est un indicateur dans lequel la pondération de l'état de santé se fait sur la sévérité du dommage et non sur la qualité de vie. Le DALY est un indicateur qui agrège à la durée de vie un état de morbidité. Ses scores ne sont pas des scores de préférence et ne reposent pas sur la théorie de l'utilité et du choix social comme le QALY. Le DALY sert à mesurer le fardeau de la maladie ou d'un handicap.

Un QALY est une unité de mesure de la durée de vie pondérée par la qualité de vie liée à la santé, cette dernière étant valorisée par un score de préférence généralement obtenu sur la population générale. Ces scores doivent être fondés sur les préférences de la population générale et ils sont mesurés sur une échelle d'intervalle qui assigne le score 1 à la parfaite santé et le score 0 au décès[1]. Le nombre de QALY est calculé en pondérant les durées passées dans les états de santé par les scores de préférence associés à ces états.

De nombreuses agences de régulation et organismes internationaux recommandent l'utilisation d'un indice QALY[2]. Plusieurs instruments ont été conçus pour construire les scores, et font référence comme le *Health Index Mark* (HUI3) et l'Euroqol EQ-5D. La Haute Autorité de santé (HAS) recommande par exemple dans son guide méthodologique d'utiliser dans les analyses médico-économiques un système de classification d'états de santé pour lequel il existe des scores validés en France, tel que l'EQ-5D ou le HUI3. D'autres instruments existent (QWB, SF6D), mais ils n'ont pas été validés en France. Ces scores doivent être adaptés aux caractéristiques qui sont à prendre en compte dans l'évaluation. La Cour des comptes[3] vient encore récemment de rappeler l'importance de réaliser systématiquement des études médico-économiques pour assurer la cohérence des décisions publiques et recommande que le coût par QALY soit déterminé avant chaque décision de remboursement représentant un enjeu financier supérieur à un certain seuil.

On notera dans le secteur des transports que la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) a développé un indice FCI *(functional capacity index)* pour mesurer les pertes de qualité de vie provenant d'accidents automobiles.

L'articulation du QALY avec l'analyse coût-avantage ne va pas de soi. L'indice QALY mesure en effet des bénéfices sanitaires, et il est utilisé dans des analyses coûts-efficacité (coût par QALY). Or, pour pouvoir comparer ces bénéfices sanitaires aux coûts monétaires associés aux programmes générant ces bénéfices, il faudrait associer au QALY une valeur monétaire. Cela pose des problèmes théoriques, et de choix de la valeur puisque les premières études ont obtenu des valeurs variables.

Ces difficultés ne doivent pas conduire à ignorer les coûts de la morbidité qui peuvent dans certains cas (accidents graves) avoir des effets individuels et collectifs importants. En l'absence de travaux conséquents sur le sujet et à titre conservatoire, le rapport Boiteux avait proposé de retenir pour les blessés graves une valeur égale à 15 % de la VVS et pour les blessés légers une valeur égale à 2 % de la VVS. Cette règle simple, dans la ligne des recommandations des études européennes, doit être reprise en attendant que des études sur les coûts de la morbidité (et particulièrement pour les blessés graves) soient engagées[4]. Car on doit s'interroger sur la valeur de ce

(1) Pour la plupart, les systèmes de scorage couramment utilisés aujourd'hui dans l'analyse coût-utilité associent un score négatif à certains états de santé quand ils sont considérés comme pires que la mort.
(2) Par exemple : European Chemicals Agency (2008), Institute Panel of Medecine (2006), NICE *(National Institute for Health and Clinical Excellence)* (2004), WHO *(World Health Organization* (2003).
(3) Cour des comptes (2012), *La politique vaccinale de la France*, Communication à la commission des affaires sociales du Sénat.
(4) Cette prise en compte suppose le développement de conventions reconnues pour identifier les degrés de sévérités des handicaps et un appareil statistique adapté pour pouvoir les recenser.

chiffre, peu étayé. On peut penser en particulier qu'il sous-estime considérablement le coût collectif de certaines situations[1].

Recommandations

Prendre une valeur de référence intersectorielle unique pour la VVS, fixée à 3,0 millions d'euros 2010, croissant comme le PIB par tête. Supprimer la distinction VP/TC retenue jusqu'ici.

Pour estimer le coût de décès liés aux effets de morbidité, prendre une valeur par année de vie gagnée de 115 000 euros 2010, croissant également comme le PIB par tête.

Pour les coûts de la morbidité induits par les blessures, prendre les valeurs suivantes :

– pour les blessés graves : 15 % de la VVS,

– pour les blessés légers : 2 % de la VVS,

en attendant les résultats des travaux qu'il convient d'engager sur le sujet.

L'introduction du QALY : il est souhaitable, pour les projets pour lesquels l'impact sur la santé est important, d'établir des ratios coût-utilité dans les études de manière à isoler l'effet santé sur les autres dimensions du projet en faisant apparaître des indicateurs du type euro par QALY gagné, en développant les recherches pour construire une référence française.

Poursuivre les travaux pour mieux appréhender la relation qui existe entre le risque et la VVS (structure temporelle, perception, ampleur du risque, risques personnels et collectifs, etc.).

9. La valeur du carbone

Révision conjointe du taux d'actualisation et de l'évolution de la valeur carbone dans le temps

Ce chapitre revient sur le processus de production qui a permis au groupe de travail présidé par Alain Quinet (2008) de calibrer une trajectoire de référence du carbone. Ce détour est essentiel pour alimenter le débat de sa révision. Il permet de préciser les argumentaires mobilisés et le poids relatifs que ces argumentaires ont joué dans l'arbitrage final. La valeur tutélaire du carbone n'est pas le fruit du résultat d'un calcul mais bien celui d'un arbitrage, assumé comme tel, cherchant à tenir ensemble les arguments plus ou moins convergents défendus par les différentes parties en présence.

(1) Il n'est pas rare lors d'accident de la circulation (impliquant souvent des deux-roues) que la perte d'autonomie et la dégradation de qualité de vie frappant souvent des individus jeunes conduisent à des valeurs beaucoup plus élevées.

Ce chapitre se propose ensuite de revenir sur les arbitrages qui ont les effets les plus sensibles sur le résultat final et d'indiquer les raisons qui conduisent à maintenir ces arbitrages ou au contraire à les dépasser.

9.1. Les principaux éléments du calibrage de 2008 élaboré par la commission Alain Quinet

9.1.1. La méthode pour approcher la valeur sociale du carbone

Un objectif précis pour éviter l'instrumentalisation du débat

Le rapport de la commission présidée par Alain Quinet a établi en 2008 une chronique de valeurs de la tonne de CO_2 destinée à constituer la référence pour la puissance publique notamment dans les évaluations des projets d'investissement. L'ambition du travail de la commission était de définir une trajectoire en phase avec les objectifs que se fixaient l'Europe et la France dans les négociations internationales, objectifs que la France réaffichait explicitement dans les accords du Grenelle de l'environnement.

Le résultat proposé devait être compatible avec les différents engagements français et européens en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ceux-ci peuvent être résumés autour de trois engagements majeurs :

- le protocole de Kyoto qui engage juridiquement les principaux pays qui l'ont ratifié à réduire leurs émissions annuelles de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012 par rapport à 1990 ;
- les engagements européens à réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020[1] de 20 % par rapport à 1990 de manière unilatérale, voire 30 % en cas d'une mobilisation plus forte des pays sur les objectifs climatiques ;
- les perspectives du gouvernement français annoncées dans le cadre de la loi de programmation fixant les orientations de la politique énergétique (loi POPE du 13 juillet 2005), qui soutenait la définition d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050 et donc d'une réduction par quatre des émissions pour les pays développés.

L'approche cherchait d'une part à sortir des débats sur la valeur sociale du carbone en se positionnant clairement dans une démarche coût-efficacité. Nous y reviendrons plus bas. Ce choix a permis d'exclure des discussions la question très débattue, notamment lors de la sortie du rapport Stern, du taux d'actualisation de référence qu'il faut retenir pour apprécier les effets de très long terme[2].

L'approche se situait d'autre part clairement en amont de la discussion sur la valeur de la taxe carbone qui était une des préoccupations majeures du post-Grenelle de l'environnement : les considérations fiscales et d'équité sur la répartition de l'effort par exemple ont été volontairement exclues des perspectives de discussion de ce rapport.

(1) Toujours par rapport à 1990.
(2) Le rapport Stern avait en effet retenu un taux d'actualisation (1,4 %) très faible au regard des standards habituellement utilisés, ce qui avait fait l'objet de vives controverses dans la communauté des économistes. Voir le rapport présidé par Alain Quinet pour une présentation synthétique des principaux arguments du débat ; Quinet A. (2008), *op. cit.* ; Stern N. (2006), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Londres, HM Treasury, octobre.

Une méthodologie multi-approches pour éviter de s'enfermer dans un paramètre particulier du dossier et engager une discussion d'ensemble

Le travail a été mené en croisant différentes approches.

Tout d'abord la commission de travail s'appuyait sur un groupe large représentant les différentes parties au débat puisqu'il s'agissait d'élaborer un consensus éclairé.

Cette commission plurielle à l'image de celles du Grenelle de l'environnement a pu piloter un travail de modélisation[1] mobilisant en parallèle plusieurs modèles à l'architecture différente sous des hypothèses communes de cadrage notamment macroéconomiques. Ces exercices de modélisation ont été conçus dans des scénarios définis autour des engagements de réduction des émissions françaises. Le travail s'inscrivait clairement dans une perspective coût-efficacité. Quel devait être le prix du carbone à introduire dans les modélisations pour obtenir une réduction donnée des émissions ?

Les trois scénarios étudiés par la commission présidée par Alain Quinet

Scénario de contraintes sur les émissions de GES	2020	2050	Accord international
	Objectif de réduction de l'Europe (base 1990)		
Scénario Europe seule	– 20 %	– 60 %	Aucun (valeur du carbone propre à l'Europe)
Scénario coordonné	– 30 %	– 80 %	Objectif 550 ppme (valeur du carbone unique à l'échelle mondiale)
Scénario mondial volontariste			Objectif 450 ppme (valeur du carbone unique à l'échelle mondiale)

Source : rapport A. Quinet (2008), La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique*

Les résultats divers des modèles ont pu être interprétés avec les équipes de recherche en mettant en évidence les spécificités des hypothèses retenues dans la compréhension des évolutions du secteur énergétique.

Ces résultats ont ensuite été confrontés :

– à différentes valeurs provenant de plusieurs recensions d'études aux approches méthodologiques différentes (coût social du carbone renvoyant aux coûts anticipés du réchauffement climatique, coût d'évitement renvoyant aux coûts des solutions permettant de réduire les émissions) ;

(1) On trouvera dans le tome 2 du rapport Quinet 2008 les présentations détaillées des simulations réalisées : Bernard A. et Vielle M., « Simulations réalisées avec le modèle GEMINI-E3 pour la détermination de la valeur carbone » ; Crassous R., « Trajectoires de prix du carbone calculées avec le modèle IMACLIM-R » ; Criqui P., Mima S. et Kitous A., « Scénarios d'émission pour les chroniques de la valeur tutélaire du carbone » ; Pouliquen H., « Analyse des résultats des modèles ».

– à des exercices plus théoriques permettant dans des cadres d'analyse simple et maîtrisable de penser et comprendre ce que pourrait être une trajectoire optimale du prix du carbone pour atteindre les objectifs fixés. Ce dernier exercice devait permettre d'apporter des éléments d'arbitrage sur les trajectoires très différenciées calculées par les modèles.

Enfin, il était incontournable de tirer parti des signaux-prix affichés par le marché européen[1], qui couvre près de 50 % des émissions européennes de CO_2, ainsi que des travaux d'analyse et de prospective menés sur ce marché. Ces signaux-prix, même s'ils restent partiels et trop insuffisants ou incertains pour donner une vision globale des contraintes que font peser les objectifs de réduction sur l'économie, révèlent malgré tout le coût associé à la contrainte qu'on fait supporter au système économique, compte tenu du degré de liberté laissé aux acteurs pour gérer cette contrainte. Associés aux informations sur les émissions réelles qui sont mesurées, ces signaux révèlent que les coûts marginaux observés *ex-post* dans le système industriel diffèrent souvent de ceux estimés *ex-ante* par les experts, donnent de nombreuses informations utiles sur les déterminants de la valeur du carbone (températures, précipitations, prix de l'énergie, perspectives de croissance économique et de production industrielle, etc.). Ces éléments d'information sont d'autant plus pertinents du point de vue économique que le marché ETS sera correctement encadré, que ce dernier s'interconnectera avec les autres marchés du carbone, que la lisibilité sur la gouvernance d'ensemble sera assurée, etc.

Les prix annuels moyens de la tonne de CO_2 sur le marché européen repérables lors des travaux de la commission Quinet (en euros)

	2005	2006	2007
Quota au comptant *(spot)* - pour la phase I (2005-2007)	22,79	17,64	0,66
Contrats à terme *(futures)* – phase II (2008-2012)			
- livraison fin 2008	21,78	20,49	19,57
- livraison fin 2012	22,26	22,60	21,65

Source : Mission Climat de la Caisse des dépôts

C'est sur la base de ces différents travaux que la commission présidée par Alain Quinet a pu converger sur une trajectoire.

(1) *European Trading System*.

Les conclusions de l'exercice de simulation contrôlent des modèles POLES, IMACLIM et GEMINI

Mobilisation de trois modèles mondiaux aux caractéristiques différentes

Équipe	Modèle	Famille	Caractéristique
LEPII	POLES	Modèle d'équilibre partiel du système énergétique	Par région (47), simulation de la demande énergétique, des choix technologiques et l'équilibre des marchés énergétiques.
C-ORDEE & MEDAD	GEMINI E3	Modèle d'équilibre général calculable de l'économie mondiale	Par région (14) et par secteur (18), description des ressources : production (travail, énergie, capital, etc.)/importations et emplois : consommations, exportations, investissements. Calcul des échanges internationaux de biens et de services et des émissions de GES des activités économiques.
CIRED	IMACLIM-R	Modèle d'équilibre général hybride	Description de la croissance comme succession d'équilibres généraux annuels en prix et en quantités physiques (12 régions/12 secteurs), reliés par des modules dynamiques technico-économiques sectoriels (dynamique macroéconomique, évolution des styles de développement, progrès technique). Émissions : CO_2

Source : LEPII, C-ORDEE et CIRED

Le rapport précise les spécificités de ces différents modèles, spécificités qui expliquent largement les différents résultats obtenus et l'interprétation qu'on peut en faire.

Le premier modèle comme le dernier sont des modèles qui décrivent le système énergétique contrairement au deuxième, un modèle d'équilibre général, qui tient compte des interrelations complexes du système économique (ce que n'offrent pas les premiers) mais qui ne permet pas d'entrer dans la spécificité du secteur énergétique et d'appréhender finement les effets de politiques énergétiques différenciées.

Le premier modèle conduit à des valeurs qui sont de plus en plus fortes avec le durcissement des contraintes.

Le deuxième conduit à des valeurs moins élevées en raison sans doute de la prise en compte d'effets importants d'anticipation par les acteurs.

Le troisième conduit à des courbes de la valeur du carbone de nature très différente des deux autres. Les valeurs carbones dans ce modèle ont en effet tendance à croître sur une première période pour décroître ensuite sur le long terme. Cela s'explique par la prise en compte des analyses des dynamiques discontinues des innovations et des effets de seuil. On donne alors du poids à l'idée que le signa-prix n'est généralement pas suffisant à court terme pour orienter le système de production et changer les comportements. Pour faire bouger le système, il faut dès lors supposer des prix plus élevés en début de période. Ceux-ci modifient la structure du secteur, et une fois le changement de comportement opéré, le signal-prix sur la longue période retrouvant

une certaine efficacité peut au contraire être plus faible. Les valeurs issues de ces modèles sont résumées ci-dessous.

Récapitulation des valeurs carbone (2008) des différents modèles par date et par scénario (€/tCO$_2$, $/b)

	Scénario Europe Seule UE €/tCO$_2$	Scénario coordonné - 550 ppme €/tCO$_2$	Scénario mondial volontariste - 450 ppme €/tCO$_2$	Prix pétrole $/b
En 2010				
POLES	10			
GEMINI-E3	1			
IMACLIM-R	45			
Moyenne	19			
Valeur tutélaire Boiteux	32			
En 2020				
POLES	26	9	16	79
GEMINI-E3	25	4	13	57
IMACLIM-R	95	30	100	93
Moyenne	49	14	43	76
Valeur tutélaire Boiteux		43		41
En 2030				
POLES	97	23	57	96
GEMINI-E3	58	10	42	62
IMACLIM-R	150	55	160	94
Moyenne	102	29	86	84
Valeur tutélaire Boiteux		58		50
En 2050				
POLES	319	85	682	130
GEMINI-E3	446	62	339	60
IMACLIM-R	130	60	200	114
Moyenne	298	69	407	101
Valeur tutélaire Boiteux		104		74

Sources : modèles POLES, IMACLIM-R, GEMINI-E3

Comment converger vers un ordre de grandeur face au nuage des valeurs possibles ?

Le rapport s'est appuyé sur une recension des études disponibles menée par la commission européenne[1].

Les débats du groupe de travail ont aussi intégré les référentiels qui ont pu être utilisés dans différentes administrations, notamment britanniques et européennes, et tenu compte des arbitrages engagés par d'autres.

(1) On trouvera dans le rapport de la commission Quinet les tableaux de synthèse de ces différentes valeurs.

Synthèse des valeurs du carbone élaborées par les institutions officielles (en euros 2008)

	France (Boiteux II)	Royaume-Uni (DEFRA)	Union européenne (a)	États-Unis (b)		
				IGSM	MERGE	MiniCAM
2010	32	40 (27,6 £)		nd	nd	nd
2020	43	49 (33,6 £)	40 [17-70]	54	23	20
2030	58	60 (40,9 £)	55 [22-70]	81	40	36
2050	104	88 (60,8 £)	85 [20-180]	177	120	98
Objectif ppme	Nc	450-550	450	550 (c)	550	550
Taux actualisation	8 %	3,5 %	4 %	(3,7 %) (d)		
Croissance de la valeur carbone	3 %	2 %	2,5 % (e)	4 % (f)	5,7 %	5,4 %

(a) *Handbook on Estimation of External Cost in Transport Sector* (produced within the study: Internalisation Measures and Policies for all External Costs of Transport, IMPACT, DELFT, décembre 2007.

(b) Les valeurs données en dollars sont considérées ici comme des valeurs 2008 (le rapport a été publié en juillet 2007) ; on considère par ailleurs un taux de change compatible de 1,3 (sur la période 2004-2007, il a oscillé entre 1,2 et 1,3).

(c) 450 ppme, CO_2 seul.

(d) Le rapport Lebègue rappelle en 2005 qu'on trouve plusieurs références : le Général Accounting Office indique que le taux retenu doit être égal à celui des obligations du Trésor, dont la nature correspond à la durée des projets évalués. En 2005, ces taux étaient compris entre 3,5 % et 4 %.

(e) et (f) Taux de croissance annuels recalculés sur la base des valeurs affichées en 2020 et 2050.

Source : rapport A. Quinet (2008), La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique*

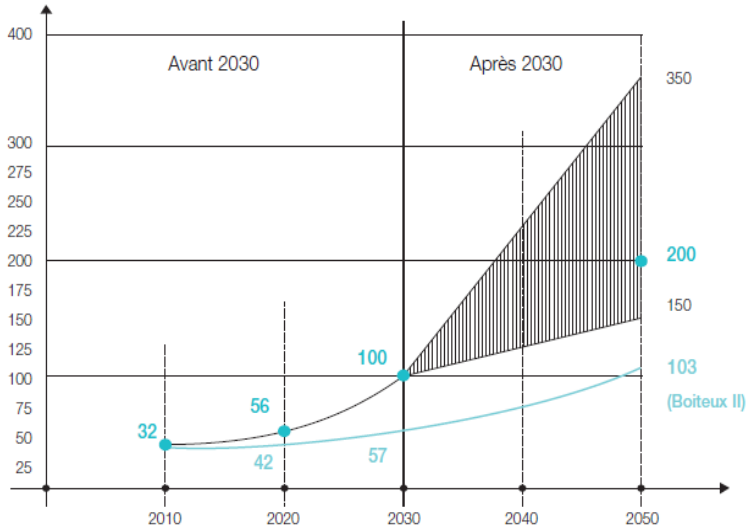
9.1.2. Les questions vives qui ont marqué l'élaboration du référentiel

La procédure qui a été retenue consistait à scinder les arbitrages en se focalisant en premier lieu sur la valeur cible à atteindre en 2030 et, en second lieu, d'obtenir sur cette base les autres valeurs (2010 et 2050) en se référant non pas aux diverses valeurs trop volatiles dans les modèles et études mais aux règles d'évolution de la valeur sur laquelle une approche plus théorique était possible.

La valeur cible 2030

La valeur de 100 euros 2030, valeur au caractère symbolique, qui sans provenir de tel ou tel modèle jugé meilleur qu'un autre, est apparue comme une valeur moyenne raisonnable aux différents experts dans une perspective volontariste.

La valeur du CO_2 recommandée par la commission A. Quinet



Source : rapport A. Quinet (2008), La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique*

Restait à se prononcer sur les règles d'évolution.

Après 2030 : la règle d'Hotelling ajustée

Pour traiter de l'évolution post-2030, la commission s'est accordée pour utiliser les règles théoriques développées en économie de l'environnement considérant que la question du changement climatique pouvait être ramenée aux règles de gestion dans le temps d'une ressource rare (règle d'Hotelling qui indique que le prix d'une ressource épuisable croît comme le taux d'actualisation, voir les contributions de Joël Maurice, Dominique Bureau et Olivier Godard[1]). Il suffit en effet de considérer, en première approximation, que la collectivité dispose, compte tenu de ses engagements en matière de plafond d'émissions, d'une réserve de carbone susceptible d'être utilisée. La collectivité a donc le choix, et c'est un problème classique, entre émettre aujourd'hui ou demain une tonne de CO_2. En retenant et amendant à la marge cette règle il était possible de s'affranchir des évolutions très contrastées des modèles dont la pertinence perd de sa finesse au fur et à mesure qu'on s'éloigne dans le temps.

Prise en compte du taux d'absorption du CO_2

Toutefois, l'application de cette règle peut être discutée en raison de la complexité du mécanisme de l'effet de serre. Un modèle classique à la Hotelling n'appréhende pas correctement les mécanismes de l'effet de serre : tout d'abord, le CO_2 n'étant pas le seul gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère la gestion du changement climatique ne se limite pas à la seule gestion optimale des émissions de CO_2 ; par ailleurs, l'effet de serre n'est pas lié aux émissions de CO_2 mais bien au stock présent dans l'atmosphère que les émissions contribuent à alimenter. Il y a bien un effet cumulatif à prendre en compte. Enfin et surtout, il existe une assimilation naturelle du carbone qui

(1) Les éléments du débat se trouvent en partie dans les contributions de synthèse (publiées dans le tome 2 du rapport Quinet) : Godard O, « *Hotelling or not Hotelling?* Comment calibrer la valeur tutélaire de la tonne de gaz à effet de serre de 2010 à 2050 ? » ; Maurice J., « Réflexions sur la trajectoire de la valeur socioéconomique du carbone et sur son usage dans le calcul économique » ; Bureau D., « Prix de référence du CO_2 et calcul économique ».

peut conduire à modifier au cours du temps le stock contraint sur lequel on raisonne. Ces éléments ne sont pas sans incidence sur le raisonnement puisque la prise en compte du mécanisme d'absorption naturelle du CO_2 *(voir la contribution de Katheline Schubert[1])* conduit à se référer à un taux plus élevé que le taux d'actualisation. Si on considère que le taux d'absorption est faible par rapport au taux d'actualisation, la règle d'Hotelling est une bonne approximation. Si on considère au contraire que ce taux d'absorption est important, la règle doit être infléchie. Par ailleurs, plus on considère un taux d'actualisation faible, plus la question de l'absorption devient essentielle dans le calcul.

Prise en compte de l'incertitude

De manière plus radicale que le point précédent, la prise en compte de l'incertitude dans les modèles permet de justifier une augmentation de la valeur initiale du carbone *(voir la contribution de Christian Gollier et Luc Baumstark[2])* et de retenir un taux de croissance de la valeur plus faible que celui retenu dans la règle d'Hotelling. Elle induit donc aussi une modification de la règle de la croissance de la valeur carbone au taux d'actualisation.

La commission a considéré, par pragmatisme, qu'il fallait lisser les efforts, elle a estimé ensuite que ces deux phénomènes contraires pouvaient *in fine* se compenser (ou que leur solde pouvait rester du second ordre) et a finalement retenu une règle d'évolution à la Hotelling (croissance de la valeur carbone fixée au niveau du taux d'actualisation) et l'a calée sur 4 %, soit le taux d'actualisation public français recommandé en 2005 par le rapport Lebègue.

L'application de la règle d'Hotelling, à compter de 2030 et jusqu'en 2050, conduisait à un ordre de grandeur de 200 euros 2010/tCO_2 en 2050, cohérent avec un objectif de 450 ppm, comme en témoigne la fourchette des valeurs produites par les modèles. Le rapport proposait, compte tenu des incertitudes, de retenir une fourchette asymétrique et recommandait de procéder à des tests de sensibilité sur les deux bornes de l'intervalle retenues (150-350).

Avant 2030

La discussion sur la règle d'évolution sur la période en amont de 2030 a été biaisée par des considérations relatives à la valeur initiale à retenir du carbone qui, elle, faisait beaucoup plus débat en raison d'une connexion délicate avec les valeurs du marché ETS (relativement faibles) et des implications possibles de ce référentiel sur une éventuelle taxe carbone. Les préoccupations portaient davantage sur ce qui était considéré comme acceptable socialement et/ou politiquement que sur la cohérence de la démarche pour parvenir à ce résultat.

Pour avancer dans l'arbitrage, deux scénarios ont été mis en concurrence :

– le premier scénario consistait à appliquer « mécaniquement » la règle d'Hotelling, avec un taux d'actualisation de 4 % par an. Cela supposait, pour atteindre 100 euros 2030, de partir d'une valeur du carbone de 45 euros 2010 en 2010. Un

(1) Schubert K. (2008), « La valeur du carbone : niveau initial et profil temporel optimaux », Rapport Quinet – tome 2 : modélisation et contributions.
(2) Gollier C. et Baumstark L. (2008) « La dynamique de la valeur carbone dans un cadre incertain », Rapport Quinet – tome 2 : modélisation et contributions.

tel « saut » aurait permis d'intégrer un effet de précaution, compte tenu des incertitudes sur le progrès technique et du fait que le coût des dommages est aussi fonction de la trajectoire retenue. Retenir ce scénario posait cependant deux types de problèmes : le premier de cohérence dans le temps de l'action publique (qui jusqu'alors affichait une valeur du CO_2 de 27 euros la tonne (valeur proposée par le rapport Boiteux) et le second de transition en concentrant sur une seule année, 2010 en l'occurrence, le changement de référentiel ;

– le second scénario consistait à s'écarter de toute référence théorique et à partir de la valeur Boiteux proposée en 2010 pour rejoindre la valeur pivot de 100 euros 2030. Ce scénario s'écartait de la règle d'Hotelling en début de période pour privilégier un rattrapage progressif vers la valeur de 100 euros 2030. Ce second scénario reposait sur l'idée que la transition vers une valeur du carbone élevée devait être progressive pour deux raisons : exploiter en priorité les gisements d'abattement à faibles coûts aujourd'hui disponibles ; ne pas peser sur la croissance et faciliter la gestion des transitions économiques, sociales et professionnelles. Le taux d'évolution implicite retenu de la valeur carbone était dès lors de 5,8 % sur la période 2010-2030, la valeur initiale proposée restant calée sur celle de Boiteux II (32 euros 2010).

Les différentes négociations ont conduit à retenir le second scénario même si une partie importante de la commission plaidait au contraire pour le premier scénario.

9.2. Comment envisager la révision 2013

De manière pragmatique, la révision de ce référentiel doit s'appuyer sur la reprise des principaux arbitrages évoqués ci-dessus. On peut résumer ces arbitrages autour de trois points :

– le niveau de la cible à atteindre en 2030 ;

– les règles de croissance à appliquer à la valeur carbone ;

– l'articulation avec le taux d'actualisation public.

Sur la valeur cible 2030

Sur la valeur cible à 2030, le groupe actuel ne dispose pas du temps ni des ressources pour engager un exercice de simulation aussi important que celui réalisé en 2008 (ce travail avait pris un peu plus de dix-huit mois). La trajectoire retenue dans le rapport A. Quinet reposait sur des engagements politiques de réduction des émissions de CO_2 qui demeurent encore aujourd'hui valides et qui ne semblent pas devoir être remis en cause. Le groupe considère qu'il n'y a pas de raison suffisante de réengager un tel travail : même si l'on peut considérer d'une part que la crise économique mondiale d'une ampleur exceptionnelle, et d'autre part les conséquences des stratégies engagées par plusieurs pays notamment celles d'une sortie du nucléaire, peuvent modifier sensiblement les fondamentaux de l'économie (évolution du système énergétique, évolution de la croissance économique à long terme), cela ne paraît pas de nature à remettre en cause la valeur cible du carbone à l'horizon des quinze prochaines années.

Les modifications qui pourraient être envisagées aujourd'hui, compte tenu des nouvelles simulations depuis 2008, conduiraient plutôt à baisser sensiblement

l'ensemble de la trajectoire carbone. La crise qui perdure depuis 2008 a eu pour effet « favorable » de réduire les émissions de CO_2 mondiales par rapport à celles qui étaient anticipées et donc finalement de desserrer les contraintes pour atteindre les objectifs. Le groupe de travail considère qu'il est toutefois préférable de garder la valeur pivot 2030, qu'on peut considérer élevée aujourd'hui mais qu'une majorité avait estimée en 2008 plutôt faible. Ce ralentissement économique peut alors être apprécié comme une opportunité pour maintenir un engagement ambitieux de réduction. On peut également considérer que le choc conjoncturel actuel ne doit pas modifier les évolutions de long terme.

La question de la valeur cible ne doit pas en effet dépendre de considérations marquées par la conjoncture actuelle mais bien des perspectives de long terme et particulièrement de la croissance économique. Cette valeur cible doit pouvoir être revisitée à l'occasion des « scénarios facteur 4 2050 » qui sortiront du débat national sur la transition énergétique. Il conviendra d'apprécier cette trajectoire au regard des anticipations de la croissance (intensité et contenu) et de l'évolution du système de prix des énergies fossiles. La valeur carbone (et sa trajectoire) est liée à la perception qu'on se fait de l'évolution du système énergétique : elle sera fortement différente si l'on considère des sorties du nucléaire (rupture après l'accident de Fukushima) compte tenu des marges de manœuvre que cette énergie peut offrir sur la question des réductions des émissions de CO_2 et plus généralement des perspectives contrastées de l'évolution du mix énergétique.

Sur la règle d'évolution

– Faut-il garder la référence de la règle d'Hotelling ?

– Faut-il garder la différence de traitement de la trajectoire de la valeur carbone avant 2030 et après 2030 ?

Le premier point n'avait pas fait grande difficulté dans le groupe de travail en 2008, la réflexion s'appuyait sur une approche théorique relativement robuste même si des aménagements à la hausse comme à la baisse de cette règle d'évolution de la valeur carbone pouvaient être envisagés. Le groupe de travail actuel considère qu'il n'y a pas lieu de revenir sur cette discussion et de changer de cadre théorique. Il est toutefois intéressant de poursuivre les travaux théoriques sur les pistes qui ont été ouvertes à l'occasion de cette discussion.

Le second point apparaît beaucoup plus délicat car il repose sur un arbitrage qui faisait véritablement débat dans la précédente commission.

En effet, comme il est rappelé plus haut, c'est pour des raisons pragmatiques que la commission n'a pas appliqué la règle d'Hotelling sur toute la période (2010-2050) car celle-ci conduisait à retenir une valeur initiale trop élevée. De nombreux arguments permettaient de légitimer cette valeur initiale plus élevée. Déjà se posait la question de la cohérence de l'ensemble de la démarche, cet écart à la règle n'ayant aucune justification théorique. Mais il y avait également d'autres raisons pour garder une valeur initiale élevée : arguments écologiques pour afficher une cohérence avec les décisions ambitieuses du Grenelle de l'environnement, résultats du modèle IMACLIM (CIRED) mettant en évidence la faiblesse de l'efficacité du signal-prix en raison des inerties du système énergétique, arguments théoriques autour de l'application du principe de précaution et une correcte appréhension de l'incertitude (Gollier, Godard).

Les valeurs sur le marché ETS (et les anticipations des experts) avaient joué comme une force de rappel pour en rester à une valeur Boiteux qui, une fois actualisée, restait d'un ordre de grandeur compatible avec les signaux-prix observés.

L'ensemble de ces arguments demeure valide aujourd'hui et la difficulté de l'arbitrage reste entière, de manière sans doute plus exacerbée qu'en 2008 en raison de la crise. La baisse drastique actuelle observée sur le marché ETS ne semble pas devoir légitimer un ajustement à la baisse de la valeur initiale de 32 euros 2010. La baisse observée aujourd'hui s'explique en grande partie par la situation économique européenne et mondiale de ces dernières années, par la sur-allocation accordée et surtout par des difficultés relatives à la gouvernance de ce marché et particulièrement sur les incertitudes qui pèsent sur sa pérennité. Le signal-prix actuel très faible, de l'ordre de 5 euros/tonne, qui rend compte de ces incertitudes n'est pas en mesure de donner une indication claire sur la contrepartie économique que suppose la poursuite des engagements en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que ce marché, même dans un fonctionnement optimal, ne traduit qu'une partie des contraintes n'intégrant pas la totalité des émissions (voir le rapport Quinet sur les discussions relatives à l'utilisation de l'information utile renvoyée par le marché ETS pour définir une valeur tutélaire du carbone).

Reste la question de rehausser la valeur initiale.

On rappellera la sensibilité des calculs : l'application du 4 % sur la période 2010-2030 conduisait à une valeur initiale (2010) de 45 euros 2010. Avec un taux de 3 %, la valeur initiale en 2010 serait de l'ordre de 55 euros 2010 (67 euros 2010 avec 2 %).

La relation avec le taux d'actualisation

Le rapport A. Quinet avait retenu le principe, développé dans le rapport Lebègue, qui consiste à séparer la question de la prise en compte des aménités environnementales de long terme de celle de l'actualisation. Le taux d'actualisation n'écrase pas nécessairement ces valeurs futures si celles-ci croissent dans le temps à un rythme qui leur est propre. Il n'est donc pas nécessaire de prendre un taux d'actualisation faible, voire nul, pour prendre en compte ces effets environnementaux, il suffit de considérer l'évolution du système de prix relatifs des différents biens dans le temps. C'est bien en jouant sur le prix relatif de la valeur du carbone qu'on intègre correctement le coût du changement climatique dans les calculs. Ce faisant, la commission donne à l'effet de serre un poids dans le calcul économique public qui n'est pas très éloigné de celui proposé par le rapport Stern qui utilise un taux d'actualisation très faible, puisque la valeur carbone du rapport A. Quinet croît dans le temps et n'est donc pas affectée totalement par le taux d'actualisation. Plusieurs taux de croissance peuvent être envisagés. Le rapport Quinet avait retenu la règle d'Hotelling qui paraissait pertinente.

Une fois accepté le référentiel de la règle d'Hotelling, reste à choisir le taux à utiliser. Le rapport Quinet avait à l'époque retenu le taux d'actualisation sans risque considérant qu'il était, dans le calcul socioéconomique, le taux d'intérêt de référence pour l'action publique. La question du risque n'intervenait pas à ce stade du raisonnement, même si l'introduction des considérations de risque lié à l'effet de serre conduisait à prendre une valeur initiale plus élevée et un taux de croissance de la valeur carbone plus faible que le taux d'actualisation.

L'introduction par le rapport Gollier (2010) d'une prime de risque systémique associée au taux d'actualisation sans risque pose la question de savoir si la croissance de la valeur carbone doit suivre le taux sans risque ou le système d'actualisation comprenant le taux sans risque et la prime de risque. Le rapport Gollier explique que la prime de risque réintroduite dans le calcul économique repose sur la corrélation qu'il est possible d'établir entre les effets attendus du projet et les indicateurs de croissance économique (le rapport actuel reprend ce cadre théorique, voir la partie relative à la révision du système d'actualisation). Si l'on considère que les émissions de CO_2 sont corrélées au PIB mondial, il y a là un argument pour que le taux d'actualisation à prendre en compte pour la croissance de la valeur du carbone soit un taux complet intégrant le taux sans risque et la prime de risque (en prenant par exemple un bêta égal à 1). On peut *a contrario* considérer que cette valeur est au contraire liée à l'incertitude sur le coût social du carbone (renvoyant aux incertitudes sur l'effet de serre lui-même), ce risque pouvant être indépendant de la croissance économique.

Lors des discussions, il a été évoqué au final un bêta légèrement supérieur à 1, compte tenu de la forte corrélation entre les gains en carbone et l'activité économique.

Si le taux d'actualisation sans risque de référence retenu est faible, la croissance de la valeur carbone suivra ce rythme et ne sera pas affectée par l'actualisation. Par contre dans tous les projets dans lesquels sera intégrée une prime de risque systémique, conduisant de fait pour certains projets à des systèmes d'actualisation de 6-7 % par exemple, le poids de la valeur du carbone sera considérablement affaibli dans les calculs.

Si l'on considère au contraire une prime de risque dans le cadrage de ce référentiel, avec un taux d'actualisation sans risque de 3 % et une prime de risque de 2 (et un bêta fixé à 1), le taux de croissance de la valeur carbone dans le temps croîtrait à 5 % (à 4 % en retenant un taux d'actualisation sans risque de 2 %). Le risque de voir les impacts de l'effet de serre minimisés dans l'analyse des projets est fortement réduit.

Mais, plus encore, dans les projets où la prime de risque ne joue pas ou peu, la croissance de la valeur carbone pourrait être alors plus élevée que le système d'actualisation, ce qui renforcerait très fortement dans l'analyse économique les projets dégageant des gains de carbone importants à long terme.

Au-delà des raisons théoriques qui restent à investiguer davantage, il est clair que cette deuxième option apparaît plus en phase avec la volonté de prendre en compte dans les calculs les effets du changement climatique (dont il faut remarquer que les incertitudes scientifiques sont de plus en plus faibles).

Au total, en attendant des avancées plus assurées du point de vue théorique, il apparaît raisonnable d'intégrer dans le raisonnement de la trajectoire carbone une prime de risque macroéconomique. Dans les évaluations socioéconomiques, les effets des projets en termes d'émission de CO_2 devront être actualisés avec un coefficient bêta qui sera la somme de deux termes : le bêta du coût unitaire, égal à l'unité comme exposé plus haut, et le bêta de la relation entre les quantités économisées (ou dépensées en plus) par le projet et la croissance économique.

L'introduction de l'analyse du risque modifie la manière de prendre en compte la valeur du carbone dans les analyses socioéconomiques.

Jusqu'ici nous avons évoqué l'évolution de la valeur carbone : la valeur qu'attribue la collectivité au gain d'une émission de CO_2.

Comme il a été montré précédemment dans le rapport, l'introduction d'une prime de risque pour intégrer le risque macroéconomique revient à analyser la corrélation qui existe entre la croissance économique et les avantages (ou coûts) attendus du projet. Les coefficients (bêtas) proposés plus bas dans le rapport par grandes catégories de projets sont des coefficients qui agrègent des bêtas spécifiques aux différentes externalités et qui incluent en conséquence un bêta carbone. Ces différents éléments devraient en toute rigueur être séparés dans le calcul.

Il faut donc tenir compte dans l'analyse des projets de deux éléments : le premier est un effet prix (valeur du carbone) dont on propose la règle d'évolution dans le temps et qui ne dépend pas du projet, le second est un effet quantité qui lui va être sensible aux risques associés au projet. Le gain en carbone attendu et valorisé va en effet dépendre du caractère plus ou moins incertain du projet. Au total l'actualisation du gain carbone doit se faire, comme pour les autres effets externes, avec un bêta projet qui intègre un bêta spécifique associé aux quantités de carbone que le projet est susceptible d'économiser et le bêta (égal à 1) que nous avons proposé de retenir pour calibrer la règle d'Hotelling de référence, cela afin d'assurer un minimum de cohérence interne au calcul. Ainsi, la valeur du carbone économisée, valeur qui croît dans le temps et qui ne dépend pas du projet, est pondérée en fonction de l'incertitude associée à chaque projet (cette incertitude est donnée par le bêta associé aux effets carbone dans le projet).

Cette approche apparaît en premier abord celle qui offre le plus de robustesse. Reste à valider du point de vue théorique et pratique les éléments proposés ici. Il est important d'avancer sur plusieurs points : d'une part, il convient de revenir sur le bêta associé à la valeur du carbone (qu'on a pris ici par prudence égal à un mais qui pourrait sans doute être beaucoup plus élevé : l'analyse devrait prendre en compte non seulement la relation entre le carbone et la croissance, mais aussi le carbone et le prix des énergies, etc.) ; d'autre part, il convient d'investiguer les modifications à apporter à la règle d'Hotelling lorsqu'on raisonne dans un environnement incertain. Les éléments repris ici à titre conservatoire mériteraient d'être reconsidérés dans une approche théorique plus assurée. Enfin, il est important d'étendre l'approche à d'autres secteurs d'activité (notamment l'énergie) dans laquelle les coefficients à utiliser pourraient être assez différents.

Recommandations

Il est proposé de ne pas modifier la valeur cible pour 2030 de 100 euros la tonne de CO_2, qui reste cohérente avec les engagements pris dans la suite du Grenelle de l'environnement et les objectifs français en matière de lutte contre le changement climatique. Cette valeur cible devra être retravaillée dès lors que la France se dotera de scénarios de référence.

Il est proposé de garder le principe d'une règle de croissance de la valeur carbone calée sur le taux d'actualisation (application du principe d'Hotelling). La

réactualisation du cadre d'actualisation engagée dans ce rapport conduit à retenir un taux de croissance basé sur un taux intégrant le risque avec un bêta d'une valeur de 1 pour le carbone. Avec le système d'actualisation retenue dans ce rapport (2,5 % + 2.bêta), ce taux serait alors de 4,5 %.

Concernant la valeur initiale du carbone, il serait préférable pour des raisons de cohérence et de simplicité, de déduire la valeur initiale (2010) en appliquant la même règle que celle utilisée après 2030. Ce faisant, l'application de cette règle conduirait à rehausser la valeur carbone qui passerait alors de 32 euros 2010 à 42 euros 2010. Cela aurait le mérite de mieux prendre en compte les arguments écologiques et économiques qui incitaient à une valeur plus élevée que celle retenue. Le groupe de travail considère que les raisons politiques qui ont conduit à retenir ce seuil en 2008 sont encore plus fortes aujourd'hui : la crise économique est importante et durable, les objectifs pour 2020 sont sur le point d'être atteints. Compte tenu du fait que l'important dans les évaluations (moins pour la fiscalité) n'est pas tant la valeur initiale que la valeur affichée sur le long terme, il est proposé de ne pas changer le niveau initial actuel et de conserver la valeur initiale de 32 euros 2010 retenue en 2008.

Dans les évaluations socioéconomiques, l'actualisation des gains du carbone doit être faite sur la valeur tutélaire du carbone qui ne dépend pas du projet. L'actualisation doit être faite avec le taux d'actualisation risqué du projet. Le bêta total à considérer est le bêta du carbone (ici égal à un) auquel s'ajoute le bêta des quantités émises ou économisées qui est lui propre au projet.

Chapitre 2

Les infrastructures de transport

Ce chapitre consacré aux transports se limite à l'évaluation des projets d'investissement. Il débute par une analyse des expériences récentes de l'évaluation des projets, tant en France qu'à l'étranger, ainsi que par l'analyse de l'insertion du calcul socioéconomique dans la décision publique.

Il se poursuit par des propositions pour la mise à jour des aspects techniques du calcul traditionnel. Ces recommandations portent d'abord sur les processus de détermination des trafics, une phase préliminaire à l'évaluation économique proprement dite, mais qui lui est étroitement liée et qui conditionne la qualité de l'évaluation. On y analyse les modèles de trafic et les conditions de leur utilisation pour le calcul des surplus. Il apparaît que ces modèles sont devenus considérablement plus complexes et plus opaques, avec deux conséquences : d'une part, il convient, pour leur certification, de mettre en place une gouvernance nouvelle fondée sur l'expertise extérieure ; d'autre part, en raison de leur sophistication, ils ne permettent plus aussi facilement que par le passé le calcul des surplus qui pose des problèmes redoutables et dont l'expression mathématique doit être adaptée à chaque modèle.

Ces recommandations portent aussi sur les valeurs unitaires bien connues concernant le temps, les nuisances, dont les progrès de la recherche ont permis d'étendre le champ. Ainsi, à côté de la valorisation du temps, on propose des éléments pour intégrer dans les évaluations le confort et la fiabilité ; de même le champ des nuisances est étendu à certains effets amont-aval de la production des déplacements.

Ensuite, ce chapitre aborde un volet nouveau d'enrichissement du calcul socio-économique. Ce volet est rendu possible, comme indiqué dans l'introduction, par les progrès de l'analyse économique positive. Il permet de mieux représenter la réalité économique et de répondre à certaines interrogations des parties prenantes au processus de décision. On y verra des premières démarches pour intégrer dans le calcul socioéconomique les effets spatiaux, les conséquences des pouvoirs de marché, fréquents dans les transports, pour détailler les effets que le calcul socioéconomique usuel résume en un seul chiffre, à travers les modèles macroéconomiques, ainsi que pour apprécier les effets distributifs des investissements.

CONSTAT

1. Les expériences étrangères

Dans le processus de révision de la méthodologie de l'évaluation socioéconomique, l'examen des procédures et pratiques étrangères permet d'établir un retour d'expérience et d'identifier les bonnes pratiques. Il est possible de mettre en évidence les problématiques qui apparaissent spécifiques au contexte français, et celles qui semblent plus générales, et que l'on retrouve dans un certain nombre de pays et institutions.

De tels exercices de comparaison sont fréquents. Le Conseil général des Ponts et Chaussées en a pratiqué un en 2005. Des exercices de comparaison et d'harmonisation méthodologiques ont été entrepris au niveau européen, comme par exemple le programme HEATCO, le *Handbook on Estimation of External Costs in the Transport Sector* ou le document *: External Costs of Transport in Europe,* ces deux derniers étant plus particulièrement tournés vers l'évaluation des effets externes.

La commission s'est particulièrement attachée à examiner les pratiques de certains pays européens (Allemagne, Royaume-Uni, Pays-Bas, Suède), ainsi que des grandes institutions (Banque mondiale, Banque européenne d'investissement) en auditionnant des représentants de ces pays et institutions et en rassemblant les documents écrits disponibles les concernant. Le tableau ci-dessous présente quelques-unes des principales caractéristiques des méthodologies de ces pays et institutions – auxquelles on a ajouté les recommandations du programme HEATCO – concernant les indicateurs de rentabilité.

L'examen de ce tableau illustre une difficulté des comparaisons internationales, qui tient à ce que les paramètres doivent faire l'objet d'une appréciation d'ensemble, les valeurs retenues pour l'un d'entre eux pouvant aller de pair avec celles relatives à un autre. Par exemple, si le rapport HEATCO préconise le recours à un coût d'opportunité des fonds publics de 1, il précise aussi que l'utilisation du critère VAN/€ public investi doit être relié à une valeur seuil de 1,5 pour ce critère.

Principaux indicateurs des pays et institutions étudiés

	Taux d'actualisation	Coût d'opportunité des fonds publics	Horizon du calcul	Indicateurs calculés
Allemagne (a)	3 %	Non pris en compte***	Variable (dépend du type de projet)	- Ratio bénéfice net actualisé/coût d'investissement actualisé
France (b)	4 % (0 à 30 ans) 3,5 % (30 à 50 ans) 3 % (au-delà de 50 ans)	1,3	≥ 30 ans	- Bénéfice actualisé pour la collectivité (VAN) - Bénéfice pour la collectivité par euro investi (VAN/€ investi) - Taux de rentabilité interne (TRI) pour la collectivité - Taux de rentabilité immédiate pour la collectivité
Royaume-Uni (c)	3,5 % (0 à 30 ans) 3 % (31 à 75 ans) 2,5 % (76 à 125 ans)	1	60 ans (projets à durée de vie indéfinie) 30 ans + valeur résiduelle (projets à durée de vie finie, < 60 ans)	- Ratio bénéfices actualisés/coûts actualisés - Valeur actualisée nette (VAN) - Ratio valeur actualisée nette/coûts actualisés - Ratio valeur actualisée nette/coûts actualisés pour l'organisme de financement - Ratio bénéfices actualisés/coûts actualisés pour une année prévisionnelle
Pays-Bas (d)	4 %	Non pris en compte***	30 ans	- Valeur actualisée nette (VAN) Parfois : - Taux de rentabilité interne - Ratio bénéfices/coûts
Suède (e)	3,50 %	1,3	40 ans	- Ratio bénéfices actualisés/coûts actualisés - Ratio bénéfice net actualisé/coûts d'investissement - VAN/€ public investi
Banque européenne d'investissement (f)	Dans l'UE Taux de référence 5 % Taux réduit 3,5 %* Taux majoré 7 %** Hors UE Taux de référence 10 %	Non pris en compte***	30 ans (en général)	- Valeur actualisée nette (VAN) - Taux de rentabilité interne (TRI)
HEATCO (g)	Pas de recommandation opérationnelle	1****	40 ans	- Valeur actualisée nette (VAN) - Ratio bénéfices/coûts - VAN/€ public dépensé

* projets ayant des effets bénéfiques à long terme sur le changement climatique
** projets routiers et aéroportuaires
*** donc en pratique COFP = 1
**** quand le critère de décision retenu est la VAN par € public investi, la valeur seuil à considérer est de 1,5

(a) Federal Ministry of Transport, Building and Housing (2003), *Macroeconomic evaluation methodology* – Federal transport infrastructure Plan 2003.

(b) Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, 25 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005.

(c) HM Treasury (2003), *Green Book, Appraisal and Evaluation in Central Government*.
Department for Transport – *Transport Analysis Guidance – WebTAG, TAG Unit 3.5.4*, août 2012.

(d) CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis, Netherlands Economic Institute (2000), *Evaluation of infrastructural projects; Guide for cost-benefit analysis, Section I: Main Report*, Research Programme on the economic Effects of Infrastructure.

(e) *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn*: ASEK 5, 2012 (version disponible uniquement en suédois, les données présentées dans ce document sont issues de dires d'universitaires suédois).

(f) *Guide to the Economic Appraisal of Investment Projects*, novembre 2012 (la version publique de la méthodologie pour l'ensemble des secteurs sera disponible courant 2013).

(g) HEATCO (2006), *Deliverable 5 Proposal for Harmonised Guidelines, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*.

Au-delà de ces précautions d'interprétation, l'analyse de la pratique du calcul socioéconomique à l'étranger et dans certaines institutions met en lumière des points de convergence, mais également quelques divergences, notamment dues à la méthodologie employée et à l'expérience du pays en matière d'évaluation socioéconomique.

Les points de convergence

Parmi les points de convergence, on notera d'abord l'utilisation quasi générale de l'évaluation socioéconomique dans la quasi-totalité des pays de l'OCDE. Certains l'utilisent depuis plus d'un demi-siècle, comme le Royaume-Uni, d'autres de façon beaucoup plus récente, comme les Pays-Bas. Si l'analyse coûts-bénéfices a parfois fait l'objet de critiques et controverses, aucun pays n'a cessé d'y recourir.

Ces évaluations concernent, pour la plupart des pays, les projets d'envergure nationale, en raison soit d'un choix délibéré soit des mesures de décentralisation qui interdisent à l'État central d'interférer dans les décisions régionales ou locales.

Elles ont des objectifs qui diffèrent dans la pratique d'un pays à l'autre. Pour beaucoup (Royaume-Uni, Pays-Bas, Suède), l'analyse coûts-bénéfices est un moyen d'identifier les « éléphants blancs », c'est-à-dire les projets qui s'avèrent beaucoup plus coûteux que bénéfiques. En Allemagne, elle constitue avant tout un outil destiné à hiérarchiser les projets dans l'établissement de programmes pluriannuels, d'éliminer les moins rentables et d'identifier les projets prioritaires. L'analyse coûts-bénéfices est donc bien présentée comme un outil d'éclairage de la décision publique, dont les modalités d'utilisation et le niveau d'influence sur la décision finale varient selon les contextes nationaux.

Dans tous les pays, d'importants efforts de normalisation ont été réalisés afin d'assurer la comparabilité des résultats entre les projets concurrents. La définition de valeurs unitaires imposées dans la pratique des calculs est ainsi un procédé utilisé dans la quasi-totalité des pays.

Des efforts de fiabilisation des résultats sont accomplis, notamment aux Pays-Bas, où les efforts méthodologiques portent aujourd'hui plus sur l'amélioration de la robustesse des résultats que sur l'intégration de nouveaux effets, et en Allemagne, où un travail de vérification des estimations des valeurs du temps est en cours dans le cadre de la mise à jour de la méthodologie d'évaluation socioéconomique.

Cependant, la pratique des évaluations *ex-post* semble fort peu répandue, et à cet égard la France est certainement une exception marquante, avec la Banque européenne d'investissement (BEI).

Il faut noter aussi que dans tous les pays, l'évaluation socioéconomique tend à s'enrichir progressivement. La prise en compte des impacts des projets sur l'environnement (pollution, émissions de CO_2, bruit, etc.) s'est peu à peu généralisée, et les impacts environnementaux monétarisés sont de plus en plus nombreux. De récentes améliorations dans l'évaluation concernent la prise en compte des pouvoirs de marché (au Royaume-Uni et aux Pays-Bas), des externalités d'agglomération, des effets spatiaux (Royaume-Uni). L'Allemagne valorise spécifiquement les emplois créés ou maintenus ainsi que l'amélioration des dessertes portuaires. Enfin, une attention de plus en plus forte est portée à l'incertitude dans divers pays.

On constate aussi que l'évaluation socioéconomique souffre, dans de nombreux pays et institutions, d'un rôle trop peu important dans le processus de décision. Les résultats des analyses sont présentés au public, de façon plus ou moins claire et systématique, mais bénéficient d'une attention souvent faible. Les décisions finales relatives à la hiérarchisation des projets sont peu liées aux résultats fournis par l'évaluation socioéconomique.

Il semble pourtant y avoir dans plusieurs des pays examinés une vraie volonté, tant de la part des chercheurs que des décideurs, de conférer à l'analyse coûts-bénéfices une place plus importante dans ce processus. On trouve des exemples de cette volonté dans le cas de l'Allemagne, où depuis 2010, le Parlement insiste pour que soient réexaminés certains résultats présentés dans le plan fédéral des infrastructures de transport, notamment les résultats issus des études de trafic, de la Suède, où le ministère des finances et le Parlement marquèrent dans les années 2000 leur volonté de voir l'analyse coûts-bénéfices occuper une place plus importante dans le processus de planification des projets.

2. Le retour d'expérience en France

Dans ce chapitre, on n'analysera pas la manière dont l'évaluation socioéconomique s'intègre dans le processus décisionnel, cet aspect étant traité dans le chapitre suivant. On se limitera aux aspects techniques liés à l'élaboration des calculs auxquels elle donne lieu.

2.1. L'évaluation socioéconomique et les circulaires d'application

La pratique du calcul socioéconomique (CSE) dans les évaluations de projets de transport est encadrée par des instructions méthodologiques ministérielles qui dérivent des commissions du Plan (puis du CAS et maintenant du CGSP). Ces instructions sont d'application obligatoire pour l'évaluation des projets de transport de niveau national (les autres maîtrises d'ouvrage s'inspirent du cadre méthodologique, avec le cas échéant d'autres valeurs de référence).

Les préconisations du rapport « Boiteux II » n'ont été traduites que de manière partielle et un peu tardive dans les circulaires d'application éditées par le ministère chargé des transports et ces circulaires ne s'adressent qu'aux réseaux nationaux. Ceci posé, elles sont correctement appliquées, à quelques détails près : l'externalité « bruit » est rarement valorisée ; des tests de sensibilité sont rarement effectués, à l'exception des projets ferroviaires récents. Ces circulaires sont même parfois appliquées avant d'avoir été approuvées. Ainsi, la circulaire ferroviaire n'a jamais été approuvée, ce qui n'empêche pas la réalisation des évaluations des projets ferroviaires.

2.2. Les outils méthodologiques

On remarquera d'abord que les outils de base, en particulier les modèles de trafic nécessaires au CSE, se diversifient de plus en plus. On reviendra sur ce point dans le chapitre consacré à la modélisation des trafics, mais on peut déjà noter que les catégories de trafic se sont diversifiées avec des distinctions par mode et par motif.

On constate aussi qu'il y a peu d'interactions entre CSE et analyse financière, ainsi qu'entre CSE et études environnementales. Il arrive même que la nécessaire cohérence des hypothèses et analyses ne soit pas toujours assurée. C'est d'autant plus regrettable qu'un croisement bien organisé des analyses pourrait accroître la qualité d'ensemble des évaluations des projets tant sur le plan de l'évaluation socioéconomique que pour les autres évaluations.

Si les valeurs unitaires préconisées par les circulaires sont très généralement bien appliquées, on constate cependant que le cadre de l'évaluation n'est pas défini avec autant d'uniformité. Ainsi, les modalités de calcul des valeurs résiduelles ne sont pas les mêmes d'un projet à l'autre ; or on sait qu'elles peuvent peser de façon considérable sur la valeur de la VAN-SE. De la même manière, les dates de mise en service ne sont pas prises selon des règles communes, et les projeteurs ne cherchent pratiquement jamais l'optimisation du projet sous cet angle.

L'option de référence (solution de transport alternative au projet par rapport à laquelle les effets du projet sont mesurés) et le scénario de référence (jeux de données et d'hypothèses d'évolution utilisés) ne sont pas toujours explicités de façon précise ; l'option de référence est souvent peu justifiée : on sait qu'elle devrait correspondre à la meilleure solution réalisable si l'investissement envisagé ne se faisait pas. Son choix devrait donc faire l'objet d'une analyse fouillée et de justifications détaillées. Ce choix est délicat, comme le montre la note de Claude Abraham *(tome 2)*, il se heurte à un grand nombre de difficultés. Raison de plus pour y accorder davantage d'attention.

En revanche, outre les insuffisances méthodologiques qui seront détaillées dans les paragraphes suivants, il faut souligner ici que la prise en compte des risques et incertitudes est insuffisante, il convient d'améliorer les méthodes et les pratiques d'évaluation à cet égard *(voir chapitre 1, section 3 sur la prise en compte du risque et des incertitudes)*.

2.3. Les enseignements des études *ex-post*

Nous commençons à disposer d'un éventail large de bilans *ex-post* effectués dans le cadre de l'application de la LOTI (bilans LOTI), et il est maintenant possible d'en tirer des enseignements de plus en plus riches.

On constate d'abord un phénomène qui se retrouve au niveau international, à savoir le biais d'optimisme s'appliquant aux coûts de construction, très généralement sous-estimés, et aux trafics, souvent surestimés, comme on a pu l'observer notamment sur certains projets ferroviaires. Il ressort d'ailleurs que ces biais d'optimisme tiennent en général plus aux hypothèses introduites dans le modèle concernant les variables et paramètres exogènes qu'à la structure du modèle lui-même. On constate aussi une fréquente surestimation des indicateurs socioéconomiques relatifs notamment aux effets sur la sécurité et sur les émissions de CO_2. Enfin, dans le cadre des études *ex-post*, il convient d'accorder une mention particulière aux problèmes d'archivage des données qui sont nécessaires à leur exécution. Il est très souvent difficile ou impossible de retrouver, au moment du bilan *ex-post*, les hypothèses et raisonnements utilisés pour aboutir aux conclusions des études socioéconomiques et des études de trafic. Les documents et fichiers d'étude conservés entre l'étude initiale et le bilan *ex-post* sont notoirement insuffisants.

Par ailleurs, si les avis du CGEDD sur les bilans *ex-post* sont disponibles sur Internet, c'est loin d'être le cas des bilans *ex-post* eux-mêmes[1], qui, en principe, devraient tous être sur les sites Internet des maîtres d'ouvrage qui les ont réalisés.

2.4. La gouvernance de l'évaluation

Il n'y a pas de processus pérenne pour l'évolution des méthodes, qui s'articulent en pratique autour des travaux tels ceux de la présente commission, lancés au coup par coup tous les 10 ou 15 ans. Il existe une amorce de dispositif permanent pour certains outils (exemple : club des utilisateurs des modèles de trafic), ainsi qu'un dispositif partiel pour le retour d'expérience : les avis du CGEDD sur les bilans LOTI « État ». Mais il n'existe pas de structuration du retour d'expérience en aval, pas de retour organisé sur la définition et la mise en œuvre des modalités opérationnelles aptes à améliorer les évaluations de projet ou leur conception.

Si l'évaluation des projets et le CSE ont traditionnellement été au cœur du métier des services dépendant du ministère chargé des transports, les profondes réorganisations de ces derniers et les évolutions de leurs missions amènent à préconiser la réalisation d'un bilan des compétences relatives au développement et surtout à l'application pratique du CSE pour les projets. Cela paraît encore plus nécessaire pour l'intégration des nouvelles évolutions méthodologiques du CSE.

Recommandations[2]

- Approfondir l'effort de production et d'analyse des bilans *ex-post*[3] notamment dans le domaine des transports urbains, rendre systématique la diffusion sur Internet des bilans LOTI par les divers maîtres d'ouvrage, et de façon générale la diffusion des retours d'expérience (colloques, plaquettes…).
- Améliorer le recueil des données concernant les risques et les incertitudes des études préalables à la décision (notamment les études d'APS, où le calcul socioéconomique est le plus utilisé).
- Structurer la mémoire des évaluations des projets, en documentant et en conservant les rapports détaillés, logiciels et fichiers d'étude, du maître d'ouvrage et du réalisateur de l'étude.
- Organiser institutionnellement le retour sur expériences des évaluations de projets de transport (et les suites opérationnelles à donner en conséquence), à partir des bilans *ex-post* et de façon plus générale.
- Réaliser un bilan des compétences en matière d'évaluation de projets de transport, de façon à éclairer les besoins en formation initiale et continue, et à les adapter aux nouvelles méthodologies proposées par la commission du CGSP.

(1) À titre d'exemple, aucun bilan LOTI n'est disponible sur internet pour l'autoroute A16, que ce soit pour sa partie concédée ou non concédée.
(2) Ces préconisations concernent l'analyse des expériences passées ; elles ne reprennent pas les pistes d'amélioration que ces expériences conduisent à préconiser dans les autres chapitres du présent rapport pour chaque aspect de la méthodologie du calcul socioéconomique.
(3) Cette production suppose également une amélioration des procédures par la désignation précoce de l'organisme responsable du bilan en cas de pluralité de maîtres d'ouvrage (cas des projets de transports collectifs urbains en Île-de-France).

3. Le calcul socioéconomique dans la décision publique

Au fil du temps, la méthodologie d'évaluation socioéconomique a cherché à s'enrichir en prenant en compte de plus en plus d'effets du projet. Elle permet d'évaluer l'intérêt pour la collectivité de réaliser un projet : elle constitue donc un élément précieux.

Cependant, force est de constater qu'aujourd'hui, elle peine à répondre à certaines interrogations du public et des décideurs, souvent fondamentales, mais difficiles à quantifier et à valoriser : l'impact du projet sur la compétitivité des territoires, l'emploi qu'il induit ou redistribue, son apport en termes d'aménagement du territoire, etc. Son rôle d'aide à la décision s'en trouve plus ou moins affaibli, voire remis en cause.

Par ailleurs, l'évaluation socioéconomique est trop souvent perçue, même par un public averti, comme un outil de technocrate, dans un débat public où tous les citoyens devraient avoir un poids égal. Persuadés, sans doute à tort, que le public n'acceptera pas d'entrer dans cette logique d'évaluation, nombre de maîtres d'ouvrage préfèrent s'abstenir de la mettre en avant dans le débat : l'évaluation socioéconomique est alors soit ignorée, soit considérée par le public comme une boîte noire sans utilité car agrégeant l'ensemble des effets évalués, et n'offrant pas une vision claire des différents impacts du projet.

Malgré ces faiblesses, on n'a cependant jamais cessé d'y recourir, en France comme dans d'autres pays. Pour qu'elle soit plus en adéquation avec les attentes du public et des décideurs, il y a donc une réelle nécessité de renforcer les efforts de pédagogie permettant une meilleure appropriation et une meilleure compréhension par ces acteurs. La manière dont elle est présentée est essentielle : il faut éviter de tomber dans un jargon technique incompréhensible du grand public tout en expliquant le contenu exact de ses résultats Cette évolution devra permettre à l'évaluation socioéconomique de constituer un outil de plus en plus efficace au service de la décision publique, et d'améliorer la qualité des concertations publiques qui jalonnent la vie d'un projet. Au-delà de la présentation, il convient aussi de tenir compte de l'état d'avancement des études et de la définition des projets, et de faire apparaître le degré d'incertitude des éléments présentés.

L'évaluation socioéconomique est portée sur la place publique à deux moments-clés de la vie du projet : très en amont, pendant le débat public, afin de discuter de l'opportunité et des grandes caractéristiques du projet (mais alors les paramètres d'entrée de l'évaluation sont indicatifs et restent imprécis et liés aux hypothèses retenues et en ce cas il faut le dire par souci de transparence), et, bien plus tard, lors de l'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique pour permettre de faire des choix détaillés. En application de la législation européenne[1], il y a lieu de prévoir une continuité de l'information et de la concertation du public avec présentation des mises à jour des évaluations socioéconomiques, à toutes les étapes de la vie du projet et pas seulement lors du débat public et de l'enquête d'utilité publique, surtout si le délai entre les deux est important. Peuvent notamment constituer des étapes : les décisions du maître d'ouvrage sur les grandes options, les étapes administratives, les réunions des comités de pilotage rassemblant les décideurs et financeurs des études et ultérieurement des projets eux-mêmes, les

(1) Convention d'Aarhus de 1998, nombreuses directives sur l'évaluation et la décision des projets depuis la directive 85/337/CEE.

signatures ou ratifications des traités internationaux, les décisions de financements européens, etc.

3.1. Le débat public

Le débat public constitue l'un des moments phares de la vie d'un projet, durant lequel le public est invité à venir discuter avec le maître d'ouvrage de *« l'opportunité, [des] objectifs et [des] caractéristiques principales du projet*[1] ». La législation n'impose pas de contraintes relatives à l'évaluation socioéconomique au stade du débat public, mais l'instruction-cadre de 2005, dite instruction de Robien[2], précise que le dossier du maître d'ouvrage destiné à être présenté au public lors du débat devrait contenir, entre autres, une première évaluation socioéconomique comprenant l'estimation des coûts (réalisation et exploitation), des principaux avantages et inconvénients attendus, les différents groupes de bénéficiaires, et des indications sur les principes de financement du projet.

Les comptes rendus de débat public et les cahiers d'acteurs font ressortir des préoccupations assez variables de la part du public. Les questions d'aménagement du territoire, d'environnement, de santé publique et de coût du projet semblent en être les principales, notamment pour les projets de grande ampleur. Le calcul socioéconomique tel qu'il est actuellement présenté sous forme d'analyse partielle limitée au secteur des transports fournissant un seul chiffre (VAN, TRI…) ne peut répondre à ces interrogations, notamment à cause de sa présentation agrégée. De plus, les données et les hypothèses permettant d'aboutir aux valeurs finales des indicateurs socioéconomiques sont souvent absentes des dossiers de débat public : contexte macroéconomique, situation de référence, etc.

Par conséquent, les paramètres socioéconomiques figurant dans les dossiers sont rarement au centre des discussions durant les débats publics. Le calcul de ces indicateurs donne souvent l'impression d'une « boîte noire » donnant des résultats numériques sans que l'on puisse savoir comment ceux-ci ont été obtenus.

Le débat public, révélateur de certaines insuffisances de l'argumentaire du maître d'ouvrage

Précision de la définition du projet

Les niveaux de précision des tracés présentés par le maître d'ouvrage lors des débats publics sont très variables. Si certains projets ne sont définis que par l'objectif qu'ils entendent remplir (délester le périphérique d'une partie du trafic de transit, par exemple, dans le cas du contournement autoroutier de Bordeaux) et ne comportent donc pas de tracé précis, des propositions de tracé trop précises peuvent en revanche détourner le débat de son but originel, en risquant de susciter des réactions très vives de la part des riverains potentiels (le projet de Francilienne ouest a suscité l'émergence de nombreuses associations se positionnant contre un tracé particulier mais ne remettant pas fondamentalement en cause son intérêt).

(1) Article L121-1 du code de l'environnement.
(2) *Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*, 25 mars 2004, mise à jour le 27 mai 2005 (Partie 6.3 de l'instruction).

Transparence et compréhension

Le maître d'ouvrage se trouve confronté à deux exigences parfois contradictoires lors du débat public : d'un côté la transparence, qui l'oblige à fournir des données précises mais parfois très techniques, et de l'autre le besoin de se faire comprendre par tous. Cela se traduit par des choix variés en matière de présentation de l'évaluation socioéconomique du projet, allant de la définition des indicateurs à calculer selon l'instruction-cadre, parfois sans données numériques (Francilienne), à l'analyse multicritère non pondérée (RER E Ouest).

Questions non prises en compte par le calcul socioéconomique

Du fait de leur importance pour un grand nombre d'acteurs, les questions relatives à l'aménagement du territoire (notamment l'influence du projet d'infrastructure sur la répartition de l'emploi et de l'activité) sont presque toujours abordées dans le dossier. Mais essentiellement par le biais de représentations cartographiques, mais ces représentations ne sont guère appuyées sur les enseignements de l'analyse économique et ne sont pas intégrées au calcul socioéconomique. La question des autres modes de transport n'est pas toujours abordée, si ce n'est dans une perspective de report modal. Enfin, certaines externalités, notamment en matière d'environnement, ne sont pas ou rarement prises en compte (biodiversité par exemple).

Bilan et recommandations pour le débat public

Le contenu de l'évaluation socioéconomique présentée dans le dossier de débat public est nécessairement varié, compte tenu de la diversité des sujets, ce qui n'est pas un problème en soi. Il subsiste trop souvent des insuffisances en matière d'argumentaire du maître d'ouvrage, semblant traduire des insuffisances en amont, dans le processus préparatoire : d'une part, dans l'explicitation des raisons pour lesquelles un projet est retenu lors des exercices de planification des projets, d'autre part, dans le processus même de préparation du dossier du maître d'ouvrage. Un certain nombre de projets faisant l'objet d'un débat public comportent cependant une évaluation socioéconomique approfondie placée en annexe du dossier principal, ainsi qu'un résumé accessible au grand public figurant dans les pages centrales. C'est en particulier le cas de dossiers présentés par RFF (en interurbain) et VNF[1] dans les dernières années.

Le débat public a pour objectif principal de décider de l'opportunité de réaliser un projet : tous les dossiers devraient donc commencer par une définition claire des objectifs que doit remplir le projet. On s'attachera à mettre en évidence le problème à résoudre en l'envisageant dans un cadre géographique et temporel suffisamment large. On présentera la diversité des options pour sa solution.

Le débat public se situe à une phase amont de la maturation du projet et à cette phase il convient d'adapter son évaluation au degré de définition des études. On mettra l'accent sur les hypothèses de cadrage, souvent insuffisamment justifiées comme on l'a dit plus haut. On analysera les conséquences de chaque option envisagée, le plus possible en termes quantitatifs, mais en indiquant le degré de confiance qu'on peut accorder à ces estimations ; on portera une attention particulière à l'estimation des trafics, élément fondamental pour l'évaluation de l'intérêt d'un

(1) RFF : Réseau ferré de France ; VNF : Voies navigables de France.

projet ; à défaut on analysera les postes de façon qualitative en s'efforçant de dégager leurs importances respectives dans l'évaluation d'ensemble. C'est aux phases amont de la maturation d'un projet que les biais d'optimisme à la fois sur les trafics et sur les coûts sont les plus élevés ; on présentera sur ces sujets des justifications des estimations présentées, en particulier par comparaison avec des projets analogues.

On s'efforcera de calculer les principaux indicateurs socioéconomiques pour les différentes variantes étudiées, en sachant bien sûr qu'il existe nécessairement des imprécisions que l'on expliquera. De toute façon, on ne se limitera pas aux valeurs agrégées : les valeurs présentées devraient être décomposées par acteur et par type d'effet envisagé, en gardant à l'esprit que les incertitudes à ce stade du projet peuvent être importantes.

Pour les questions non prises en compte par l'évaluation socioéconomique (aménagement du territoire, environnement, etc.), d'autres modes de représentation devraient être privilégiés (cartes, tableaux numériques), mais en aucun cas ces effets ne devraient être passés sous silence.

Enfin, il paraît important que le maître d'ouvrage soit capable de justifier son projet (choix modal notamment) au regard des grands objectifs que le pays s'est fixé. Des interrogations simples mais pertinentes de la part du public révèlent des difficultés de compréhension de l'opportunité des projets. Le maître d'ouvrage doit pouvoir répondre de façon claire à ces interrogations.

3.2. L'évaluation socioéconomique dans le dossier d'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP)

L'enquête publique est une phase essentielle de la vie d'un projet, la DUP qui la suit constituant la décision de principe de le réaliser, au vu de l'analyse de ses avantages et de ses inconvénients. Il faut ainsi que le maître d'ouvrage présente dans son dossier les impacts positifs et négatifs du projet, en matière d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement. L'évaluation socioéconomique détaillée est attendue au stade de l'enquête publique :

> « *L'évaluation des grands projets d'infrastructures comporte […] une analyse des différentes données de nature à permettre de dégager un bilan prévisionnel, tant des avantages et inconvénients entraînés, directement ou non, par la mise en service de ces infrastructures dans les zones intéressées que des avantages et inconvénients résultant de leur utilisation par les usagers. Ce bilan comporte l'estimation d'un taux de rentabilité pour la collectivité calculée selon les usages des travaux de planification. […]* » (Art. 4 du décret n° 84-617 du 17 juillet 1984).

Ce décret d'application de l'article 14 de la LOTI reste malgré tout assez général : les instructions ministérielles fixent des cadres plus précis, mais n'ont qu'un rôle indicatif lorsque les projets ne relèvent pas de l'État mais d'une collectivité territoriale. Ainsi, l'instruction-cadre fixe les principes de l'évaluation socioéconomique pour les projets dépendant de l'État, en donnant une démarche unifiée à suivre. Elle précise les grandeurs à calculer (bénéfice actualisé pour la collectivité, bénéfice pour la collectivité par euro investi, taux de rentabilité interne du projet, taux de rentabilité immédiate) et les acteurs concernés par le bilan socioéconomique (clients actuels ou potentiels, tiers, qui auraient à subir un certain nombre d'externalités positives ou négatives, entreprises de transport et gestionnaires d'infrastructures, État et collectivités locales).

Plusieurs types d'externalités doivent être pris en compte pour chacun de ces acteurs. L'instruction se réfère aux valeurs « tutélaires » (de référence) fixées par le rapport « Boiteux II » (2001) : valeurs du temps, de la vie humaine, du bruit, de la pollution atmosphérique et de l'effet de serre.

L'instruction-cadre appelle à prendre aussi en compte de manière qualitative tous les effets qui ne peuvent pas être traités entièrement dans le bilan, en particulier ceux concernant la distribution spatiale des activités, et plus généralement tous ceux relevant de l'aménagement du territoire. Des versions simplifiées de l'évaluation, accessibles au grand public, doivent être présentées.

Place de l'évaluation socioéconomique au sein du dossier d'enquête publique

Au niveau de l'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique (DUP), le calcul socioéconomique fait, en règle générale, l'objet d'un chapitre spécifique et bien signalé du dossier d'enquête publique. Cela est la conséquence d'une réglementation bien plus stricte que dans le cas du débat public, qui mentionne précisément les pièces devant figurer dans le dossier.

La partie du dossier d'enquête publique consacrée à l'évaluation socioéconomique est parfois très détaillée. Ce n'est cependant pas toujours le cas, certains dossiers d'enquête publique sont très succincts quant au calcul socioéconomique. Cela peut se limiter à la présentation des principaux résultats numériques (dossier d'enquête public de la LGV Est-européenne, par exemple, dont il faut cependant noter qu'il a été établi avant l'instruction de 2004). On retrouve là l'un des principaux travers rencontrés dans le cas du dossier de débat public, à savoir que les valeurs agrégées sont souvent mentionnées sans aucune explication quant à leur provenance.

Contenu de l'évaluation

Présence des valeurs numériques de référence

L'instruction-cadre est aujourd'hui presque toujours prise comme référence par le maître d'ouvrage ou les bureaux d'étude sous-traitants. Les principaux indicateurs demandés par l'instruction-cadre sont donc toujours calculés pour le tracé retenu. Néanmoins, le calcul socioéconomique occupe parfois une place très restreinte dans le dossier d'enquête publique, se limitant à quelques textes de mise en contexte et à une présentation des valeurs agrégées (VAN, TRI), sans détailler la façon dont elles sont obtenues et ce qu'elles recouvrent. Ainsi, pour l'établissement du bilan *ex-post*, trois à cinq années après la mise en service de l'infrastructure, la seule méthode possible pour comprendre comment les VAN agrégées ont été calculées lors des phases préliminaires est parfois de recontacter directement la personne ayant rédigé le paragraphe correspondant. Les prévisions de trafic sont en revanche assez détaillées, les textes réglementaires et l'instruction-cadre obligeant le maître d'ouvrage à présenter la méthode utilisée en plus des principaux résultats.

Tests de sensibilité

Selon l'instruction-cadre, de nombreux paramètres devraient faire l'objet d'un test de sensibilité des principaux indicateurs socioéconomiques : croissance du PIB, coûts d'investissement et d'exploitation, trafic, coût de l'énergie, évolution relative du prix

du mode concerné et des modes concurrents. Néanmoins, on constate que les paramètres par rapport auxquels les tests de sensibilité sont menés changent selon le projet considéré (valorisation de la régularité et du confort pour le RER E, montant de l'investissement et des recettes pour la LGV Rhin-Rhône). Les autres paramètres de l'instruction-cadre, importants pour une vision à long terme (croissance du PIB, coût de l'énergie), sont loin d'être pris en compte dans tous les dossiers.

Bilan et recommandations pour l'enquête publique

Bien que le cadre réglementaire dans lequel se déroule l'enquête publique soit bien plus directif que dans le cas du débat public, un certain nombre de variations subsistent entre les différents projets en ce qui concerne l'application de l'instruction-cadre ministérielle. Cela peut être simplement lié au fait que les projets sont très variés, n'impliquent pas tous les mêmes enjeux (environnement, emploi, etc.) et ne requièrent pas nécessairement tous le même type d'attentions. Des paramètres tels que le confort ou la régularité semblent ainsi essentiels dans le cas des projets urbains. Cependant, même si le calcul est mené de manière rigoureuse, les hypothèses retenues et les valeurs intermédiaires du calcul ne sont pas toujours bien explicitées. Cela avait déjà été constaté dans le cas du dossier de débat public.

3.3. Les enrichissements possibles de l'évaluation socioéconomique

Les débats publics et leur compte rendu mettent en évidence l'importance de certaines questions, fréquemment soulevées par le public, et auxquelles les maîtres d'ouvrage ont parfois du mal à répondre : impact des infrastructures sur l'aménagement du territoire, sur la croissance économique, sur l'emploi, trafic induit par la nouvelle infrastructure, répartition des bénéfices (positifs et négatifs) liés au projet entre différents territoires et catégories sociales.

L'économie géographique, avec ses enseignements généraux et le développement de modèles LUTI, l'analyse macroéconomique et notamment les modèles macro-économiques d'équilibre général, les théories de l'équité et de la justice permettent d'apporter un éclairage à ces différentes problématiques. Mais il faut remarquer que nos savoirs sur beaucoup de ces sujets sont moins robustes et moins éprouvés que ceux de la théorie des surplus classique. Il convient de pousser les recherches en ces domaines. Mais il est aussi indispensable de mobiliser tout le savoir actuel, même s'il est limité, en raison d'une part de l'attente des participants aux débats et d'autre part du danger que ne se développent des idées fausses sur ces sujets, souvent à la source d'espoirs fallacieux dans les vertus des investissements d'infrastructures. C'est l'objet des sections précédentes et suivantes où les aspects techniques de ces sujets sont développés. On présente ici leur cohérence avec les attentes des décideurs.

Aménagement du territoire

Tout projet structurant de transport, tous modes confondus, a de nombreux effets (positifs ou négatifs, immédiats ou différés) sur le territoire : effets sur la mobilité, sur l'urbanisme et le foncier, sur le tourisme et l'image du territoire, sur l'implantation des entreprises, sur l'offre de services aux populations et les aménités territoriales, sur la démographie et les flux de population, sur l'environnement. Tous ne sont pas aisément mesurables et quantifiables. On peut alors recourir à des indicateurs et des approches qualitatives. Les travaux de la nouvelle économie géographique, mobilisés

par exemple dans le cadre du projet de transport du Grand Paris, cherchent à quantifier ces effets *(voir infra section 11 sur les apports de l'économie géographique)*.

Équité sociale et territoriale

La question de l'égalité de traitement entre les territoires et les agents est souvent posée, mais est peu prise en compte par le calcul socioéconomique. Un programme « rentable » lorsque l'on considère la société dans son ensemble n'est pas nécessairement générateur de justice, dans le cas où ce sont les usagers des régions les plus accessibles initialement qui bénéficient le plus du projet après sa mise en service. L'accessibilité peut être traitée de manière qualitative, notamment par des représentations cartographiques, en plus du calcul socioéconomique. Cela peut correspondre à un traitement de l'inégalité sociale dans le cas où les zones dont la desserte est améliorée concentrent des phénomènes d'exclusion et de pauvreté. Cependant, il reste difficile de prévoir quels peuvent être les effets des infrastructures de transport sur les inégalités de répartition des richesses *(voir infra section 13 sur les effets redistributifs)*.

Réseaux de transport et effets d'agglomération

La concentration des hommes et des activités, qui peut résulter de la densification des réseaux de transport, entraîne des gains économiques regroupés sous le nom d'« effets d'agglomération ». Ces effets peuvent être positifs (effets d'apprentissage, de partage, d'échelle, etc.) ou négatifs (« déséconomies d'agglomération » : coûts de transport accrus par la congestion, externalités négatives, etc.). De nombreux économistes ont cherché à mieux quantifier les conséquences des effets d'agglomération sur la productivité et il est maintenant possible d'intégrer dans l'évaluation socioéconomique l'effet quantifié en termes de surplus de ces conséquences, ce qui constitue une avancée sensible des méthodes traditionnelles *(voir infra section 11 sur les externalités d'agglomération)*.

Modèles LUTI

Une des directions possibles pour l'amélioration du calcul socioéconomique est de le compléter par une modélisation de l'évolution future de la répartition des populations et des activités. Les modèles LUTI *(land-use* t*ransport interaction)* permettent de relier évolution du territoire et du trafic. L'idée est de faire fonctionner de manière coordonnée un modèle urbain donnant en sortie des prévisions concernant la localisation des habitants et des emplois, ainsi que les prix de l'immobilier et du foncier, et un modèle de transport proprement dit permettant de calculer la répartition du trafic sur la base des prévisions d'occupation des sols *(voir infra section 11 sur les modèles transport-localisation des activités économiques)*.

Trafic induit

Les gains de temps permis par la construction d'une nouvelle infrastructure de transport peuvent donner lieu à de nouveaux trajets réalisés sur ce tronçon. Cet effet fait référence à la notion de trafic induit, aujourd'hui difficilement appréhendable et mesurable, et pourtant fondamentale. Ce trafic induit, au sens large, a pour origine des changements de comportements des usagers, à court terme (changement

d'itinéraire, d'horaire de déplacements, report modal, etc.) et à long terme (modification de l'occupation des sols, des choix de destination, etc.). Dans une définition plus commune, et plus restreinte, le trafic induit ne fait référence qu'aux déplacements qui n'auraient pas eu lieu en l'absence de l'infrastructure (expression d'une demande latente). Pour appréhender ce trafic induit, on a souvent recours à une approche par élasticité, mais cette méthode n'est pas très robuste. Les modèles de trafic utilisés actuellement permettent de bien prendre en compte certains de ces phénomènes, notamment la convergence spatiale, modale et dans certains cas temporelle *(voir infra section 4 sur les outils de modélisation)*. Les modèles de trafic classiques ne peuvent prendre en compte que le trafic induit à court terme, surtout quand ils considèrent que les origines des déplacements sont fixées. Pour prendre en compte les effets de longs termes, liés à la localisation des ménages et entreprises, il faudrait avoir recours à des modèles transport-urbanisme usage du sol *(voir infra section 11)*.

Développement économique

La plupart des dossiers présentent une vision de la croissance économique du territoire que le projet d'infrastructure permet de desservir, mais cela reste le plus souvent purement qualitatif. Le développement spécifique de modèles macro-économiques d'équilibre général (MEG) *ad hoc* pourrait opportunément compléter l'approche par le calcul socioéconomique, en permettant une analyse des effets macroéconomiques du projet en termes de croissance et d'emplois. Les MEG permettent en effet de tenir compte des interrelations entre les différents secteurs d'activité et, en fonction de leur conception, des multiples effets redistributifs qu'ils peuvent engendrer *(voir infra section 12. sur les effets macroéconomiques)*.

3.4. Conclusion

Le calcul économique, en dépit de ses imperfections, garde un rôle indispensable dans l'évaluation d'un projet et dans le processus de planification, visant à définir une sélection et une programmation des investissements de transports. Il constitue un outil qui permet d'évaluer le coût, pour la collectivité, d'une décision, ce qui, en ces temps où la contrainte budgétaire se renforce, est particulièrement important. On peut regretter qu'il soit si peu utilisé dans les débats publics. Le calcul socioéconomique doit donc occuper une place importante dans le processus de décision, et bien sûr, être complété par des approches plus qualitatives qui permettront d'éclairer, et parfois de répondre, à certaines interrogations du public et des décideurs. Pour cela, à titre d'exemple, le développement des modèles transport-urbanisme constitue un apport précieux. Ces considérations conduisent à encourager les efforts visant à repousser les frontières actuelles du calcul socioéconomique, à en étendre le champ du quantifiable puis du monétarisable, afin de lui permettre d'apporter une aide de plus en plus efficace à la décision publique. Elles conduisent aussi à recommander que des efforts soient faits pour améliorer sa compréhension par les parties prenantes, afin qu'il joue le rôle d'instrument de structuration des débats, un rôle qu'il devrait avoir et qu'il joue trop peu actuellement.

3.5. Recommandations

Recommandations

Recommandation générale

Mettre au point une stratégie générale de pédagogie et de communication concernant l'évaluation socioéconomique.

Établir une fiche projet sur l'évaluation socioéconomique. Cette fiche devra être accompagnée de la fiche générale décrivant le modèle de prévision de la demande, et de celle décrivant la manière dont est calculé le surplus à partir du modèle.

Cette fiche devrait comporter :

- la description du projet ;
- la description de l'option de référence et de sa justification ;
- la description des variantes envisagées ;
- la description et la justification des options prises en termes de tarification de l'infrastructure nouvelle et des infrastructures concurrentes éventuelles ;
- l'évaluation du coût de construction actualisé à l'année de programmation, ainsi que des dépenses de maintenance et de renouvellement ultérieures, avec datation, et si possible comparaison avec les coûts d'infrastructures de natures similaires ;
- l'évaluation de l'avantage de l'année de programmation, et sa décomposition en gains de temps et des paramètres associés, effets sur les revenus des opérateurs, effets sur l'environnement, autres effets, avec indication du degré de confiance à accorder à chaque poste ;
- la décomposition des avantages en distinguant ceux touchant les activités productives et ceux touchant les particuliers ;
- la description argumentée éventuelle des effets sur l'emploi, la croissance, les effets de répartition spatiale, les conséquences redistributives ;
- les mêmes informations pour l'année 2070 ;
- la croissance des trafics : trafic à l'année de programmation et en 2070 ; si possible comparaison avec les trafics d'infrastructures de situations analogues ;
- le bêta et le taux risqué du projet ;
- la date optimale de mise en service ;
- la VAN à l'année de programmation ;
- les études de risque complémentaires.

Concernant l'évaluation socioéconomique présentée lors du débat public

Mieux appréhender le cadrage stratégique du projet présenté au débat public. Systématiser la tenue, avant la soumission du dossier au débat public, d'un « comité de lecture multimodal », composé du maître d'ouvrage, de l'administration centrale concernée, pour vérifier le bon traitement de la dimension multimodale et les interférences éventuelles avec d'autres projets, présenter les objectifs stratégiques du projet et les projets susceptibles d'interagir avec celui-ci et programmer au besoin des études ou enquêtes complémentaires nécessaires. Par ailleurs, il serait utile de préciser les modalités

de mise en œuvre de l'évaluation socioéconomique au stade du débat public, compte tenu du niveau variable mais souvent limité des informations sur le projet à cette étape et de dégager les aspects qu'il est alors susceptible d'éclairer.

Concernant l'évaluation socioéconomique présentée lors de l'enquête publique

Préparer un résumé « non technique » des résultats du calcul socioéconomique afin de rendre ces résultats plus appropriables et porter l'attention sur la pédagogie et la communication.

Concernant l'approche multimodale des projets

Les schémas directeurs nationaux devraient être élaborés dans une perspective clairement multimodale, ainsi que les études menées pour les grands projets d'infrastructure. La conférence multi-acteurs recommandée plus haut pourrait définir les études à mener en ce sens.

Concernant le contenu de l'évaluation des projets

Il serait souhaitable de chercher à enrichir l'évaluation des conséquences économiques des projets, en intégrant, lorsque l'ampleur du projet le justifie, les effets redistributifs, les effets sur la productivité et la compétitivité des entreprises, les effets sur l'aménagement du territoire, les effets sur l'emploi, etc.

MISE À JOUR DU CALCUL TRADITIONNEL

4. La prévision de la demande et les modèles

Les modèles de trafic occupent une place centrale dans l'évaluation socioéconomique d'un projet : ils fournissent la fréquentation de la nouvelle infrastructure. Par leur capacité de représentation de la fonction de demande et son interaction avec l'offre de transport, ils sont le socle de la détermination d'une large part des avantages apportés par le projet à évaluer, à la base du calcul socioéconomique. C'est dire s'il est nécessaire qu'ils soient fiables, robustes et emportent l'adhésion des décideurs.

Or, avec le temps ces modèles sont devenus plus nombreux, de plus en plus complexes et de moins en moins lisibles, multipliant les variables utilisées, les paramètres et segmentant toujours davantage la demande, donnant de plus en plus aux utilisateurs de leurs résultats le sentiment de « boîte noire » n'emportant pas nécessairement la conviction. Ces évolutions ne font d'ailleurs qu'accentuer des tendances que le rapport Boiteux II signalait déjà.

Elles vont certes dans le sens d'une meilleure représentation des comportements, et elles sont le signe d'une vitalité des études en ce domaine. On doit considérer que la diversité et la complexité des modèles font partie d'un mouvement inéluctable. Plutôt que de s'y opposer, il vaut mieux l'accepter et profiter de la richesse qui résulte de la multiplicité ainsi créée.

Mais il faut pallier les conséquences néfastes qui pourraient en résulter et cela passe par plusieurs exigences : d'abord assurer la solidité théorique des principes mis en œuvre dans les modèles, en particulier en vue de leur utilisation pour le calcul économique ; ensuite apprécier la robustesse de leurs résultats ; enfin il faut conforter la confiance que l'on doit avoir en eux, grâce à une gouvernance adaptée. Ce sont les orientations développées par la suite du texte, qui s'appuient notamment sur la contribution de Marc Gaudry figurant dans le tome 2.

4.1. Assurer la solidité des principes à la base des modèles

Les modèles de trafic mettent en œuvre des concepts et paramètres qui caractérisent leur capacité à traduire plus ou moins complètement les comportements des usagers et permettent de juger des modalités de leur intégration dans le calcul économique des surplus.

La fonction d'utilité et ses arguments

La modélisation est fondée sur des fonctions d'utilité – ou des coûts généralisés – qu'il est nécessaire d'expliciter, dont on puisse vérifier si elles possèdent ou non les propriétés demandées à ce genre de fonctions, et dont le rôle dans la représentation des décisions des usagers soit lui aussi bien défini et connu de l'utilisateur des résultats des modèles.

Ces fonctions d'utilité devraient tendre à inclure les variables reconnues comme représentatives des comportements en intégrant les avancées de la recherche, notamment des progrès réalisés par de nombreux modélisateurs dans la prise en compte de variables telles que le confort ou la fiabilité. Leur intégration dans le calcul est en effet possible sous la réserve essentielle que des statistiques permettent de nourrir les modèles en niveau de confort et en connaissance des changements de la fiabilité. Les non-linéarités dans les valeurs unitaires, les évolutions des valeurs du temps avec la distance de trajet font également partie des acquis récents de la recherche. Un cas particulier est celui de ce qu'il est convenu d'appeler les « constantes modales », qui représentent un différentiel d'utilité résiduel révélé par l'étalonnage des modèles[1]. Celles-ci jouent souvent un rôle important dans la représentation des choix des usagers, et il est acquis qu'une de leurs fonctions est de traduire l'effet des variables non prises en compte actuellement par la plupart des modèles, par exemple le confort, la fiabilité ou la sécurité. Expression de notre imparfaite connaissance de certains phénomènes, ces constantes devraient se réduire au fur et à mesure que ces phénomènes seront pris en compte.

En ce qui concerne le découpage par motifs, on peut aussi regretter que les déplacements pour motifs touristique et personnel, pourtant majoritaires, ne soient pas modélisés explicitement pour les projets urbains. Enfin, les chaînages de déplacements, une pratique courante, mériteraient d'être introduits dans la modélisation.

(1) Historiquement, le premier exemple de ces constantes modales est fourni par les bonus-malus routiers, codifiés depuis longtemps.

Cohérence des passages entre sous-modèles du point de vue de la fonction d'utilité

Les modèles de trafic se décomposent en plusieurs étapes et il est souhaitable que les coûts généralisés (ou utilités) obtenus à l'issue d'une étape, par exemple l'étape d'affectation, soient cohérents avec ceux pris comme hypothèse à l'étape suivante, par exemple de choix modal (utilisation du logsum en cas de modèle logit). Ceci suppose une vérification formelle systématique.

De même, la rétroaction entre les différents niveaux de modélisation d'un modèle classique à étapes (par exemple le modèle à quatre étapes distinguant génération, distribution, choix modal, itinéraire) est une caractéristique importante des modèles de trafic dont la présence est évidemment souhaitable car elle permet notamment d'expliciter l'estimation par le modèle de trafic des trafics induits ou « désinduits ».

Outre leur cohérence sur le plan de l'analyse des comportements, ces caractéristiques sont essentielles lorsqu'on doit utiliser les résultats du modèle pour le calcul des surplus. Ceci conduit à recommander fortement que chaque modèle soit accompagné progressivement d'une analyse scientifiquement validée sur la manière dont il pourrait permettre de calculer un surplus de l'usager en cohérence avec la définition de ses fonctions d'utilité. Le tome 2 fournit quelques indications sur ce problème du calcul des surplus et donne des pistes pour sa solution.

Le traitement de l'interaction entre offre et demande

La première adaptation des trafics à une situation de forte congestion consiste pour les usagers à déplacer leur heure de départ ou à changer leur agenda d'activité : la modélisation devrait en tenir compte.

La congestion est bien modélisée dans le domaine routier, il serait cependant nécessaire de prendre en compte l'étalement des pointes aux niveaux de trafic élevés et ne pas conserver une croissance homothétique des répartitions horaires des trafics. Pour les transports collectifs, le traitement de l'interaction doit pouvoir tenir compte de la fréquence des services (ou de leurs horaires) et devrait intégrer la capacité du système. L'existence du phénomène de congestion implique là aussi un étalement des pointes, dont l'oubli peut entraîner une surestimation des niveaux de congestion. Ce phénomène d'étalement des pointes mériterait d'être documenté, analysé et pris en compte dans les hypothèses de projection utilisées par les modèles.

L'induction de trafic est souvent la partie la moins bien modélisée du processus. Elle recouvre néanmoins des phénomènes fondamentaux sur le plan de l'analyse économique, tels que les changements de localisation ou d'activités, comme cela a été développé dans la section 3 précédente sur « Le calcul socioéconomique dans la décision publique ». Il conviendrait de mieux modéliser l'induction de trafic ou au moins d'analyser qualitativement son contenu possible. Une solution théoriquement satisfaisante est de coupler le modèle de trafic à un modèle d'activité, ce qui aboutit à un modèle représentant la relation entre usages du sol et transports (modèles « LUTI »).

Enfin, la réalisation d'analyses de sensibilité est fortement préconisée, pour tester la robustesse des résultats du modèle aux valeurs prises par quelques paramètres-clés

ou aux valeurs d'hypothèses exogènes (exemple : tendance générale de croissance des trafics).

4.2. Évaluer le degré de robustesse des modèles

Il convient d'abord de fournir des indications sur la manière dont le modèle a été étalonné et est calé à chaque utilisation particulière, et sur les marges d'erreur qui en résultent. En particulier, il convient de préciser la nature des variables par rapport auxquelles leurs paramètres ont été étalonnés, et ensuite calés pour chaque étude de projet spécifique, et de veiller à ce que les modèles soient capables d'assortir les résultats qu'ils produisent d'une appréciation sur le niveau d'incertitude qui y est attaché.

La description de chaque modèle devrait faire apparaître les valeurs de quelques paramètres-clés tels que les élasticités directes et croisées aux prix, aux temps de trajet et aux revenus, ainsi que les valeurs du temps qu'il fait apparaître pour des situations typiques. La comparaison des élasticités aux valeurs de la littérature et celle des valeurs du temps du modèle aux valeurs de référence *(voir ci-dessous section 5 sur les valeurs du temps)* devrait être, sinon un critère de jugement de la qualité du modèle, au moins un sujet de questionnement et de réflexion en cas d'écart notable.

Il serait souhaitable que ces informations soient résumées dans une fiche-type renseignée pour chaque modèle, fournissant une vue de synthèse complète des caractéristiques du modèle et permettant des comparaisons simples d'un modèle à l'autre.

4.3. Améliorer les données d'entrée

La robustesse doit aussi être améliorée par de meilleures données. Les exigences accrues de la représentation de la demande, tant dans le détail géographique que dans la description des comportements, font peser un poids croissant sur la qualité des bases de données. Le progrès des bases géolocalisées est une réponse qui est déjà exploitée et devra l'être encore plus dans le futur. En revanche, le recensement des caractéristiques des flux n'évolue pas aussi favorablement, bien que le rapport du Conseil national de l'information statistique réalisé en 2007 sur les besoins en information sur les transports ait impulsé de nombreuses actions positives. On constate depuis une vingtaine d'années une tendance à la diminution de la connaissance statistique en ce domaine, due partiellement, mais pas uniquement, aux contraintes de secret commercial.

La question de la disponibilité de données de qualité minimale se pose avec une acuité particulière pour les trafics de marchandises, et pour les transports ferroviaires de voyageurs, y compris sur la connaissance des prix. Il conviendrait d'engager des actions fortes pour remédier à cette situation.

4.4. Assurer la confiance dans les modèles par une gouvernance adaptée

Dans une situation de diversité et de complexité croissantes, la gouvernance des modèles devient un enjeu majeur. Une bonne organisation dans ce domaine est fondamentale.

Un premier élément d'organisation doit venir des contacts entre les modélisateurs. Un club des modélisateurs s'est constitué spontanément il y a un peu moins de dix ans entre les services dépendant du ministère en charge des transports. Il a pour objet de confronter les expériences. Les initiatives de contacts organisées entre modélisateurs doivent être encouragées et poursuivies, éventuellement pérennisées dans une structure plus officielle et plus ouverte, aboutissant à la mise en commun de programmes d'études ou à la définition de besoins en termes de données et de moyens permettant de les satisfaire. En allant plus loin dans cette direction, on pourrait envisager l'établissement d'un programme continu de recherche sur les modèles de trafic, qui pourrait être financé par exemple par un prélèvement sur les dépenses d'études des investissements candidats ou par le programme de recherche national PREDIT.

Pour asseoir la crédibilité des modèles, une expertise scientifique transparente et indépendante de chacun de ceux qui sont utilisés dans les évaluations de projets devrait être menée.

Il faut bien voir qu'une telle expertise n'est valable que si elle s'exerce en profondeur ; elle ne peut être correctement effectuée que par une équipe de quelques experts de renommée internationale[1], dégageant les forces et faiblesses des modèles, les pistes de progrès et les conditions de comparaison de leurs résultats respectifs. L'objectif serait de rendre les modèles plus lisibles, de faire évoluer leur qualité scientifique et d'homogénéiser leurs types de sorties pour une meilleure qualité et comparabilité. Cette mesure nécessite certes des moyens financiers, mais qui représentent peu de chose au regard du coût des opérations dont on évalue la rentabilité.

Un de ses produits serait, pour atteindre une plus grande lisibilité, l'établissement pour chaque modèle de la fiche descriptive précédemment citée, présentant sa structure interne (étapes traitées, fonctions d'utilité, etc.) et les principaux paramètres et valeurs de référence utilisées, ainsi que ses points forts et limites d'utilisation.

Par ailleurs, toujours dans l'idée de profiter de la diversité des outils et d'assurer la fiabilité des résultats, il peut être envisagé que, au moins pour les plus grands projets et pour ceux dont le contenu intermodal est particulièrement marqué, le même projet soit évalué par deux modèles différents.

Recommandations

Chaque modèle devrait être analysé au regard de la manière dont il traite les utilités des usagers et dont il peut permettre de calculer les surplus de l'usager en cohérence avec la définition de ses fonctions d'utilité.

Une attention particulière devrait être portée et des recherches menées sur l'étalement des pointes de trafic et sur les phénomènes d'induction des trafics.

Pour assurer la crédibilité des modèles, chacun de ceux qui sont utilisés dans les évaluations de projets devrait faire l'objet d'une expertise scientifique transparente et indépendante.

(1) Ces expertises pourraient être animées par une instance publique compétente afin de garantir une certaine comparabilité et homogénéité des audits réalisés.

Les informations concernant chaque modèle devraient être résumées dans une fiche-type, fournissant une vue de synthèse complète des caractéristiques du modèle et permettant d'en juger les avantages et inconvénients et d'effectuer des comparaisons simples d'un modèle à l'autre.

La robustesse des modèles doit être améliorée par de meilleures données, notamment pour le trafic de marchandises et pour le trafic ferroviaire de voyageurs, y compris sur la connaissance des prix. Il conviendrait d'engager des actions fortes en ces domaines.

5. La valeur du temps

5.1. Les nouvelles valeurs du temps « de référence » pour les usagers

Dès les rapports Boiteux I (1991) puis Boiteux II (2001), la volonté a été de proposer des valeurs du temps « de référence » qui reflètent au mieux les comportements observés et donc qui soient les plus proches possibles des dispositions à payer des usagers. La commission a confirmé cet objectif.

Afin que ces valeurs du temps puissent être utilisées dans des analyses coûts-avantages, celles-ci correspondent donc, pour chaque segment de la demande en transport[1], aux valeurs du temps « moyennes » observées au sein de la clientèle. Ainsi, elles permettent d'apprécier *a priori* les valeurs du temps moyennes de gens qui emprunteront *in fine* un mode en particulier.

On remarquera *(voir section suivante)* que les valeurs du temps augmentent avec les contraintes pesant sur le motif de déplacement (elles sont plus élevées pour les motifs professionnels que pour les motifs loisir) ainsi que lorsqu'on passe respectivement du mode routier au mode ferré puis au mode aérien.

Ces deux augmentations recouvrent des phénomènes très différents : si l'ordre par motif est la traduction empirique d'une augmentation normale du coût d'opportunité du temps passé dans les transports[2], la hiérarchie des valeurs du temps par mode traduit pour sa part un effet de structure de la clientèle des différents modes de transport. À titre d'illustration, pour une distance et un motif de déplacement donnés, la supériorité des valeurs du temps de l'aérien par rapport à celles des autres modes témoigne principalement du fait que les usagers ne sont pas comparables et, précisément, que les usagers de l'avion sont plus aisés que les usagers des autres modes.

On voit que ces valeurs ne correspondent pas aux valeurs du temps par mode pour un individu *moyen* ou *pris au hasard*. En ce sens, elles sont adaptées au calcul coûts-avantages mais inadaptées à la résolution de problématiques de choix d'itinéraires ou de choix modal.

(1) C'est-à-dire pour chaque motif de déplacement, chaque mode de transport, et chaque classe de distance.
(2) Plus l'occupation à l'arrivée est importante, plus l'ajout d'une minute de temps de transport supplémentaire est préjudiciable du point de vue des usagers.

5.2. Les valeurs du temps « de référence » en milieu urbain

Les valeurs « de référence » proposées en milieu urbain sont issues d'une revue de la littérature, des modèles de trafic et des enquêtes de mobilité, dont une synthèse est fournie dans le tome 2. Si les segmentations par mode ou par motif ne sont pas toujours identiques d'une étude à l'autre, elles se recouvrent très largement. La commission recommande de maintenir la typologie des valeurs du temps préconisée dans le rapport Boiteux II (2001) tout en élargissant légèrement les trajets « domicile-travail » aux trajets « domicile-travail/études/garderie ». Les valeurs recommandées sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

On remarque que ces valeurs sont plus basses que celles qui auraient été obtenues en suivant les recommandations du rapport Boiteux II (2001). Comme cela est détaillé dans le tome 2, cela s'explique par le fait que ces valeurs sont des moyennes effectuées sur plusieurs sources, la majorité d'entre elles proposant pour 2010 des valeurs plus faibles que le rapport Boiteux II (2001). D'un point de vue technique, les données issues de modèles de trafic peuvent s'avérer plus faibles que les valeurs obtenues dans le passé car les modèles contiennent de plus en plus de variables explicatives des choix de mobilité. En particulier, l'ajout de plus en plus de variables explicatives dont l'objectif est de modéliser des effets fixes propres à chacun des modes ou des effets de fréquence, de rupture de charge, etc., peut tendre à diminuer les valeurs du temps issues de modèles. D'un point de vue microéconomique, il est possible que la décroissance des valeurs du temps témoigne d'une diminution de la pénibilité du temps de parcours (par exemple car le confort s'est amélioré sur l'ensemble des modes de transport) ou encore d'une augmentation de sa productivité (par exemple puisqu'il est désormais possible, via les *smartphones*, de consulter ses courriels, lire ou jouer pendant le temps de parcours).

Tableau 1 – Valeurs du temps en urbain, tous modes (en euros 2010/h en 2010)

Motif du déplacement	France entière	Île-de-France
Professionnel	17,5	22,3
Domicile-travail/études/garderie	10,0	12,6
Autres (achat, soin, visites, loisir, tourisme, etc.)	6,8	8,7
Sans détail du motif	7,9	10,7

Source : DG Trésor

NB : selon l'ENTD 2007-2008, sur la France entière, en 2006, les déplacements « locaux » (i.e. inférieurs à 80 km) étaient constitués de 2,2 % de déplacements professionnels, 27,1 % de déplacements domicile-travail/études/garderie et 70,7 % d'autres déplacements, d'où une valeur moyenne de 7,9 euros 2010/h pour la France entière sans détail du motif. Pour l'Ile-de-France, l'ENTD donne la répartition suivante : 4,6 % de déplacements professionnels, 35,8 % de déplacements domicile-travail/études/garderie et 59,6 %% d'autres déplacements (*La Revue du CGDD*, « La mobilité des Français », déc. 2010, p. 183), d'où une valeur tous motifs de 10,7 euros 2010/h.

5.3. Les valeurs du temps « de référence » en milieu interurbain

Comme pour les valeurs du temps en milieu urbain, les valeurs en milieu interurbain sont issues d'une revue des valeurs du temps détaillées dans le tome 2. Les valeurs recommandées *in fine* sont présentées dans le tableau 3 et les figures 1, 2, 3 et 4.

Par rapport aux préconisations du rapport Boiteux II (2001), ces valeurs sont différenciées par mode de transport mais aussi par motif de déplacement. Par ailleurs, sur courte distance, elles s'avèrent plus basses que les valeurs Boiteux II car la commission a fait le choix de proposer un schéma cohérent entre valeurs du temps interurbaines à courte distance et valeurs urbaines : à moins de 20 km, on octroie aux déplacements pour motifs « professionnels » la même valeur du temps qu'il s'agisse de déplacements urbains ou interurbains, et quel que soit le mode le transport. De même, sous les 20 km, les valeurs du temps pour motif « autres » (en urbain) et « vacances » ou « autres personnels » (en interurbain) sont identiques, quel que soit le mode de transport.

Mode par mode, on remarque que la valeur du temps « de référence » issue de la revue de la littérature et recommandée pour la route est sensiblement plus faible que celle du rapport Boiteux II, mais reste dans les mêmes ordres de grandeur. La valeur du temps des modes ferrés croît rapidement (afin de refléter le changement rapide de l'offre ferroviaire entre courte distance et moyenne-longue distance), et il a été décidé de ne plus distinguer première et seconde classe. La valeur « toutes classes » est logiquement comprise entre les deux valeurs précédentes. La valeur du temps pour l'aérien est sensiblement plus basse que celle préconisée dans le rapport Boiteux II. *Ex-post*, cette baisse peut s'expliquer par l'intensification de la concurrence dans le secteur ayant conduit à une baisse des prix, au développement des opérateurs *low cost*, et donc à la baisse du revenu moyen des usagers de ce mode. Enfin, la commission a souhaité proposer des valeurs « de référence » pour l'autocar, mode dont la libéralisation s'accentue avec les années. Ces valeurs sont à prendre avec précaution : d'une part, parce que la faiblesse de l'offre actuelle ne permet pas de disposer de modèles de trafic représentant les comportements observés et, d'autre part, car la rapide libéralisation devrait conduire à des modifications de l'offre aujourd'hui proposée (vraisemblablement vers plus de confort à bord, notamment) et donc à des changements de clientèle.

5.4. Les valeurs du temps d'attente, de marche en pré-/post-acheminement, et de correspondance

Une attention particulière a été portée aux temps d'attente, de marche en pré/post acheminement et au temps de correspondance. Sur la base d'études synthétisées dans le tome 2, la commission recommande de pondérer chaque minute de ces types de temps par un facteur de pénibilité (ou d'improductivité) supérieur à un. Ces pondérations sont présentées dans le tableau 2.

La commission recommande d'appliquer ces pondérations pour l'ensemble des modes de transport. En particulier, il n'est donc pas fait de différence entre temps d'attente prévu et imprévu, distinction qui pourrait être faite entre l'attente d'un bus en milieu urbain et l'attente obligatoire pour formalités d'embarquement pour le transport aérien. En effet, si une différence de perception existe probablement, la distinction entre temps d'attente prévu et imprévu est parfois difficile à opérer. Par ailleurs, les études sur les temps d'attente, marche et correspondance ne contiennent que très peu d'estimations propres à l'aérien[1]. Enfin, il nous a semblé que la dichotomie la plus importante se situait entre temps au sein du véhicule et temps hors du véhicule.

(1) À titre illustratif, la dernière méta-analyse réalisée par Abrantes et Wardman (2010) contient plus de 1 700 estimations de valeurs du temps, dont moins de 1 % concernant le secteur aérien et 0 % concernant spécifiquement la valorisation du temps d'attente.

Tableau 2 – Temps d'attente, de marche en pré/post acheminement et de correspondance[1]

Type de temps hors véhicule	Minutes équivalentes
Temps d'attente	1,5
Temps de marche en pré/post acheminement	2
Temps de correspondance	2

Note de lecture : 1 minute de temps d'attente est ressentie, en temps équivalent, comme 1,5 minute de temps de transport.

Source : DG Trésor

5.5. Piste de recherche : distinguer effet distance et effet durée des déplacements

Lors des travaux engagés pour l'actualisation de ces valeurs, la commission a identifié un point d'amélioration principal à prendre en compte pour de futures mises à jour : dans de nombreux travaux, la valeur du temps est une fonction croissante de la distance, toutes choses égales par ailleurs, et c'est bien ce que reflètent les tableaux ci-dessus et ci-dessous. On peut toutefois douter que cette relation fasse apparaître la causalité réelle et ne traduise pas autre chose qu'une corrélation. Il semble plausible que le facteur causal d'augmentation de la valeur du temps soit la durée du déplacement ; la corrélation observée entre la valeur du temps et la longueur du déplacement proviendrait alors de ce que, pour un mode et une gamme de service donnés, la vitesse de déplacement est approximativement constante, mais cela fait partie des hypothèses à tester.

Afin, d'une part, de proposer un cadre microéconomiquement plus fondé et, d'autre part, de disposer de valeurs du temps plus précises en milieu urbain, des recherches devraient être entreprises pour proposer des valeurs du temps qui prennent en compte l'effet « durée » en tant que tel, voire, s'il existe un effet « distance » *per se*, l'effet « distance ».

Recommandations

- Utiliser les valeurs du temps de référence en milieux interurbain et urbain mentionnées dans les tableaux 1 et 3, si possible en segmentant au plus précis les valeurs par mode et/ou par motif de déplacement.
- Faire évoluer les valeurs du temps comme le PIB par tête avec une élasticité de 0,7.
- Pondérer les temps d'attente, marche en pré/post acheminement et correspondance par les coefficients du tableau 2, puis appliquer à ces temps « ressentis » la valeur du temps du mode principal.

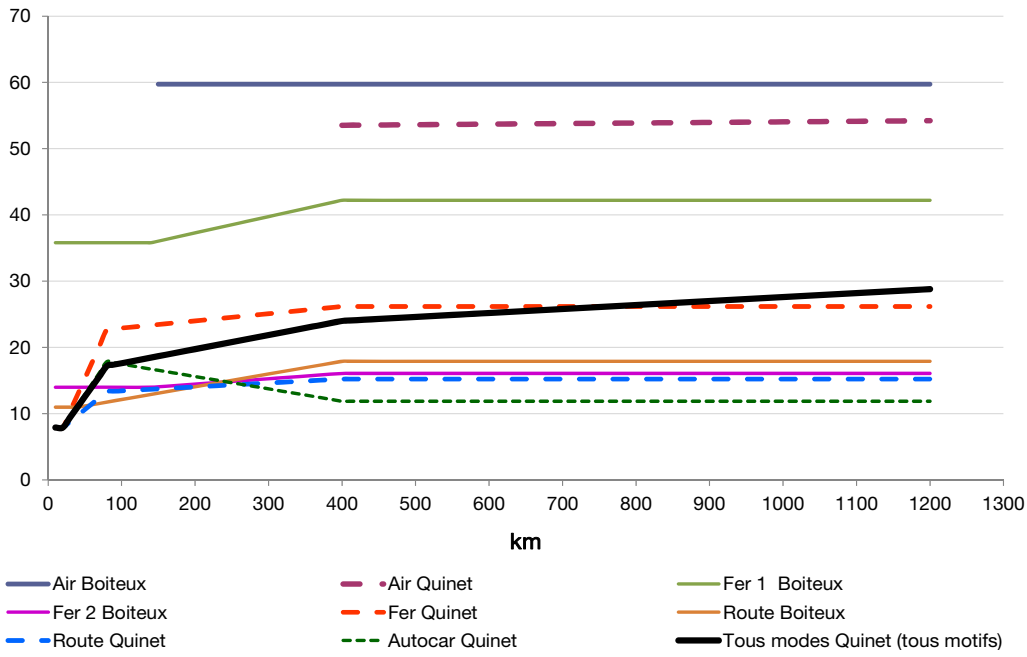
(1) Dans le cas où le modèle de trafic utilise un autre élément dans sa fonction d'utilité des usagers pour représenter les effets de la correspondance, par exemple une pénalité monétarisée pour la correspondance, il conviendra de comparer les résultats des deux types de valorisations des effets de la correspondance sur le surplus des usagers.

Tableau 3 – Valeurs du temps en interurbain (en euros 2010/h en 2010)

Mode	Motif du déplacement	Pour les distances inférieures ou égales à 20 km	Pour les distances comprises entre 20 km et 80 km			Valeurs à 80 km	Pour les distances comprises entre 80 km et 400 km				Pour les distances supérieures ou égales à 400 km			Pour une distance non spécifiée (valeur pour la distance moyenne)	Distance moyenne du mode (km)
Route – véhicule particulier	Tous motifs	7,9	0,090	x d +	6,1	13,3	0,006	x	d +	12,8	15,2			14,4	266,7
	Professionnel	17,5	0,202	x d +	13,5	29,6	0,016	x	d +	28,4	34,8			32,7	
	Personnel-vacances	6,8	0,031	x d +	6,2	8,7	0,012	x	d +	7,7	12,4			10,9	
	Personnel-autres	6,8	0,067	x d +	5,5	10,8	0,019	x	d +	9,3	17,0			14,4	
Route – autocar	Tous motifs	7,9	0,166	x d +	4,6	17,9	-0,019	x	d +	19,3	11,9			13,9	293,8
	Professionnel	17,5	0,153	x d +	14,5	26,7	0,004	x	d +	26,3	28,0			27,6	
	Personnel-vacances	6,8	0,031	x d +	6,2	8,7	0,003	x	d +	8,4	9,8			9,4	
	Personnel-autres	6,8	0,067	x d +	5,5	10,8	0,006	x	d +	10,4	12,8			12,1	
Fer	Tous motifs	7,9	0,246	x d +	3,0	22,7	0,011	x	d +	21,8	26,2			25,4	331
	Professionnel	17,5	0,429	x d +	9,0	43,3	0,000	x	d +	43,3	43,3			43,3	
	Personnel-vacances	6,8	0,250	x d +	1,8	21,8	0,000	x	d +	21,8	21,8			21,8	
	Personnel-autres	6,8	0,265	x d +	1,5	22,7	0,000	x	d +	22,7	22,7			22,7	
Aérien	Tous motifs										0,001	x d +	53,2	54,2	1 208,9
	Professionnel										0,000	x d +	72,9	72,9	
	Personnel-vacances										0,000	x d +	52,2	52,2	
	Personnel-autres										0,000	x d +	53,4	53,4	
Tous modes	Tous motifs	7,9	0,155	x d +	4,8	17,2	0,021	x	d+	15,5	0,006	x d +	21,6	19,1	
	Professionnel	17,5	0,218	x d +	13,2	30,6	0,029	x	d+	28,3	0,020	x d +	32,0	36,2	
	Personnel-vacances	6,8	0,055	x d +	5,7	10,1	0,022	x	d+	8,4	0,005	x d +	15,1	11,2	
	Personnel-autres	6,8	0,215	x d +	2,5	19,7	0,003	x	d+	19,5	0,008	x d +	17,3	23,0	

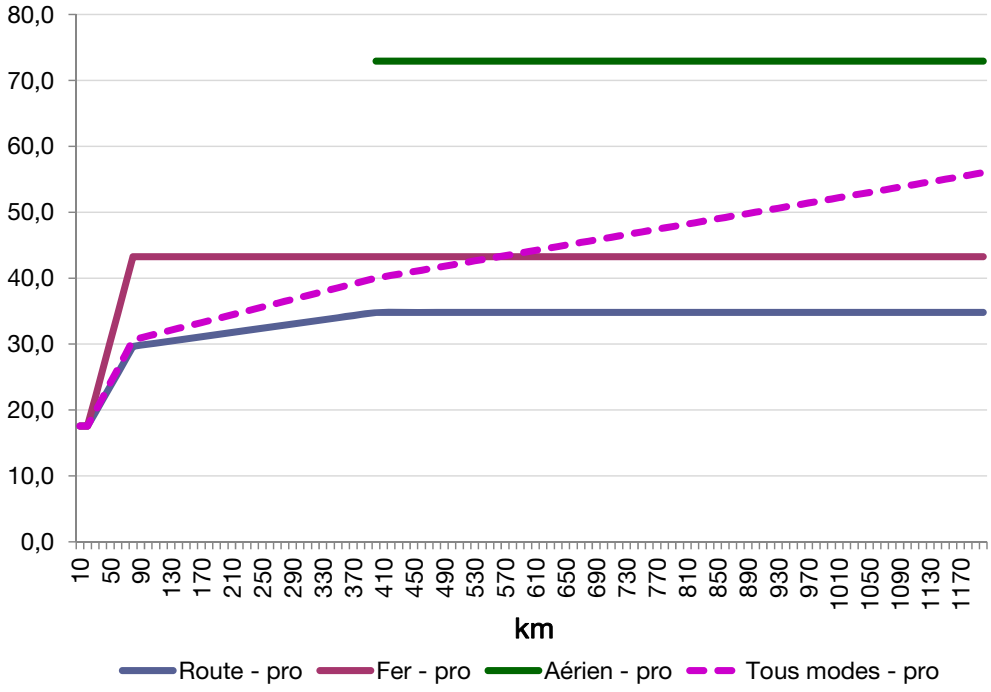
Source : DG Trésor

Figure 1 – Valeurs du temps par mode (tous motifs) selon la distance (en euros/h)



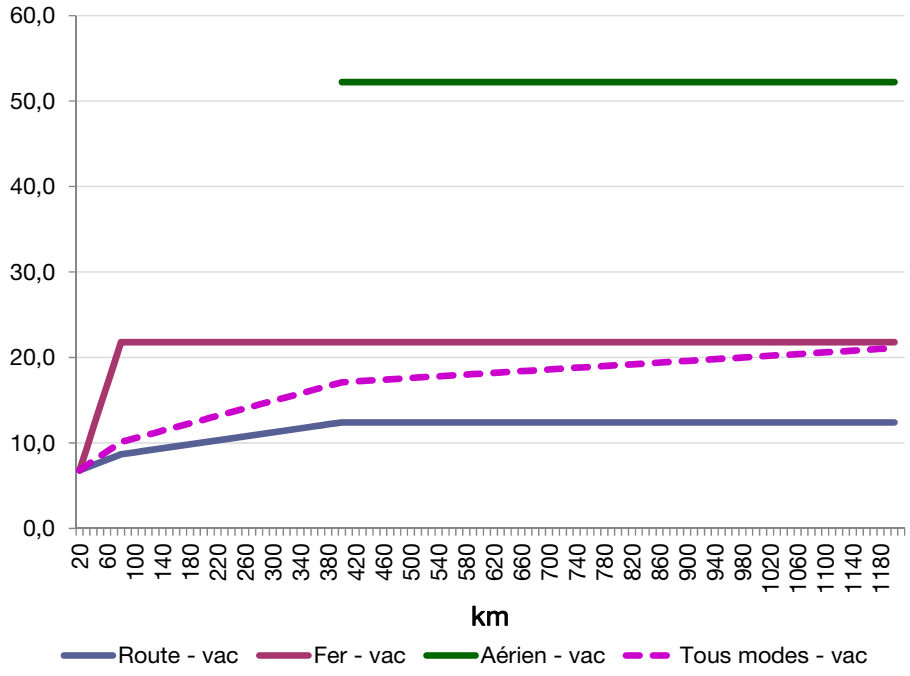
Source : DG Trésor

Figure 2 – Valeurs du temps du motif « professionnel » selon la distance (en euros/h)



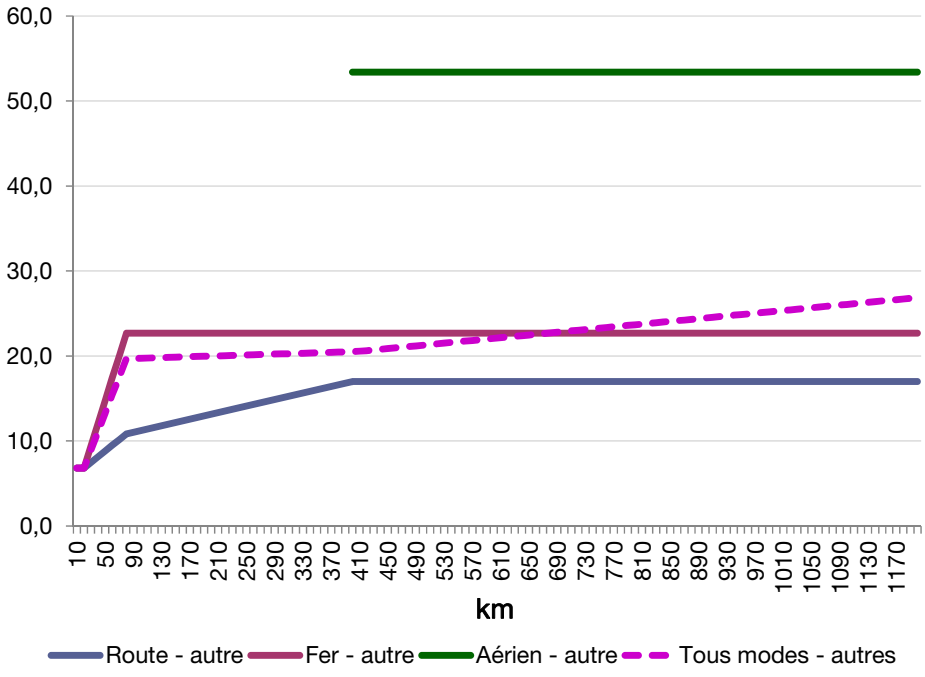
Source : DG Trésor

Figure 3 – Valeurs du temps du motif « vacances » selon la distance (en euros/h)



Source : DG Trésor

Figure 4 – Valeurs du temps du motif « autres personnels » selon la distance (en euros/h)



Source : DG Trésor

6. La fiabilité et le confort

6.1. La valorisation du confort et de la fiabilité du temps de transport par les usagers

Le confort et la fiabilité du temps de transport sont des variables importantes dans la fonction d'utilité des usagers des modes de transport. Certains modèles de trafic ne contiennent pas de modélisation spécifique des variations de confort, et les calculs de surplus sont parfois réalisés à l'aide de valeurs du temps « de référence ». Dans ces deux cas, il est nécessaire d'introduire en plus des mesures *ad hoc* du confort et de la fiabilité afin de les valoriser économiquement et il convient que leurs variations soient prises en compte dans le calcul du surplus des usagers et dans la VAN-SE du projet.

Ce chapitre synthétise les recommandations issues de la note détaillée du tome 2, « La valeur du temps et les paramètres liés », qui constituent de réelles nouveautés que la commission entend apporter au calcul socioéconomique. Dans une première partie, nous abordons les questions de valorisation du confort dans les transports puis, dans une seconde partie, nous présentons les méthodes pour prendre en compte la fiabilité du temps de parcours. Enfin, des perspectives d'approfondissement sont suggérées, concernant notamment la notion de déshorage.

6.2. Le confort durant le trajet

L'amélioration du confort dans les modes de transport diminue la pénibilité, voire, lorsque d'autres activités sont possibles durant le trajet, augmente la productivité du temps passé dans les transports (possibilité de lire, de travailler depuis son téléphone mobile ou son ordinateur portable, de se reposer, etc.). Pour un individu donné, le coût du temps de transport sera donc diminué avec l'augmentation du confort du mode emprunté et il devient possible de pondérer les caractéristiques du voyage en « équivalent temps de parcours » : si un individu est indifférent entre voyager une minute debout et prolonger à cinq minutes son temps de parcours s'il lui est donné la garantie de voyager assis, alors en « équivalent temps de parcours », une minute debout (dans l'inconfort) vaut cinq minutes assises.

La difficulté de l'estimation de l'influence du confort réside principalement dans son caractère multidimensionnel, expliquant par exemple que des niveaux de confort peuvent être différents pour un même mode. Parmi la multiplicité des dimensions du confort, on peut citer le taux de remplissage des véhicules, mais aussi la température, le bruit, l'ergonomie des sièges, la sécurité, la sûreté, etc. C'est ainsi que le confort ne varie pas seulement d'un mode à l'autre, il peut varier selon le taux d'occupation et présenter des niveaux différents pour un même mode[1].

Aujourd'hui, les enjeux en termes de confort sont les plus marqués dans les transports en commun. Par ailleurs, l'aspect le plus documenté dans la littérature académique est le confort comme faible taux de charge des véhicules. Nous nous restreignons donc à des recommandations sur la prise en compte du confort comme valorisation

(1) Par exemple entre les autocars de luxe et les autocars *low cost*.

du nombre de passagers debout par mètre carré dans les transports en commun, en attendant que de plus amples recherches aient été effectuées sur les autres dimensions. En particulier, de nombreuses études proposent des valeurs monétaires pour la présence ou l'absence de grandes quantités de services (télévision, musique, surveillance, nourriture et boisson, etc.). Néanmoins, la robustesse de ces estimations pose question tout comme l'indépendance statistique des valeurs estimées pour chaque service et il est suggéré de laisser ce champ à des recherches ultérieures.

Comme pour les temps de marche/attente/correspondance, la commission propose l'usage de multiplicateurs du temps de parcours selon la pénibilité du trajet : plus le nombre de personnes debout par mètre carré est élevé, plus la minute de trajet est affectée d'une pondération élevée. Les multiplicateurs proposés sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 – Pondération du temps réel selon le taux de charge du véhicule

Situation de l'usager dans le mode, tous modes confondus (tram, métro, bus, trains de banlieue)	Évolution du multiplicateur K(p) du temps réel selon le nombre de passagers debout « p » par m² dans le véhicule	
	Pour des situations où des places assises en dur sont disponibles	Pour p > 0
Assis	K(p) = 1,00	Ka(p) = 1,00 + 0,08*p
Debout		Kd(p) = 1,25 + 0,09*p

Note de lecture : un usager debout faisant l'expérience d'un trajet durant lequel une moyenne de 3 personnes/m² sont aussi debout devrait voir son temps de trajet (multiplié après par la valeur du temps spécifique au motif de déplacement) multipliée par 1,29 + 3*0,09 = 1,52.

Source : DG Trésor d'après STIF (2012)

En termes de procédé, l'utilisation de ces multiplicateurs d'inconfort dans les calculs coûts-avantages de projets devrait suivre la méthode décrite dans le tableau suivant.

Tableau 2 – Procédé pour la prise en compte du confort dans l'analyse coûts-avantages

Si sur une origine-destination-horaire (ODH) le projet envisagé **n'impacte pas** le niveau de confort moyen de chacun des modes de transport	Si sur une origine-destination-horaire (OHD) le projet envisagé **impacte** le niveau moyen de confort d'un ou plusieurs modes de transport
Les variations d'utilité mesurées à partir des variations de temps de parcours et de prix suffisent.	1. Le porteur de projet doit tout d'abord être en mesure de présenter de manière robuste quel sera l'impact du projet sur le niveau de confort du mode étudié (ex. : passage de 4 personnes par m^2 dans le métro) ; 2. sur la base du trafic prévu par le modèle, les temps de parcours pourront être bonussés/malussés pour prendre en compte le confort, en suivant les valeurs de référence du tableau 1. On obtient ainsi des « temps ressentis » et 1/ des équivalents « gains de temps » pour les passagers déjà sur le mode de transport et 2/ les trafics induits et reportés grâce à l'augmentation du confort. NB : cette méthode ne tient pas compte de deux phénomènes. D'une part, le nouveau trafic induit et reporté pourra conduire à dégrader le confort ressenti par les usagers, de sorte que le modèle parfait devrait « boucler ». D'autre part, le nouveau trafic induit et reporté pourra conduire à un effet « *Mohring* » permettant à l'exploitant du mode de transport de dégager davantage de revenu d'exploitation et donc d'améliorer la qualité de service, qu'il s'agisse de confort ou de fiabilité.

Source : DG Trésor

Recommandations

- Intégrer la valorisation du confort dans les analyses socioéconomiques des projets de transports en commun urbains *via* l'utilisation des coefficients multiplicateurs du tableau 1.
- Les maîtres d'ouvrages devraient présenter pour leur projet des VAN-SE avec et sans prise en compte du confort.
- Des recherches devraient être entreprises pour disposer, à terme, de modélisations *ad hoc* du confort dans les modèles de trafic, notamment pour valoriser d'autres dimensions du confort que le taux de charge des véhicules.
- Approfondir les questions de valorisation du confort lors des temps d'accès et d'attente en gare.

6.3. La fiabilité du temps de transport

La pénibilité des déplacements a tendance à augmenter avec le caractère aléatoire (i.e. non prévisible) accompagnant l'heure d'arrivée des déplacements, qu'il s'agisse d'arriver en avance ou en retard[1].

D'abord, le fait que la désutilité provienne du caractère imprévisible de la variation du temps de transport, la valeur de la fiabilité[2] du temps de transport exclut donc l'ensemble des facteurs anticipés (traversée d'un bassin d'emplois congestionné, retards réputés « presque certains », etc.) et comprend uniquement les variations du temps de transport dues à des facteurs inattendus (accident, incidents matériels et d'exploitation, etc.). Par ailleurs, on devine intuitivement que la désutilité engendrée par le manque de fiabilité est d'autant plus importante que le motif du trajet requiert de respecter des horaires précis (trajets professionnels, trajets domicile-travail, livraison de marchandises périssables, etc.). Enfin, à niveau de fiabilité donné, les coûts associés à ce phénomène peuvent d'autant plus augmenter que la fréquence des services de transport est faible.

Ces aspects demeuraient jusqu'à présent absents des évaluations socioéconomiques. Nous nous intéressons donc à la manière dont ils peuvent être valorisés.

La commission propose deux approches différentes selon que l'on considère des déplacements en véhicule particulier ou en transports collectifs.

Dans le cas du transport en véhicule particulier, l'usager est capable de choisir l'horaire de départ qu'il souhaite. L'incertitude réside donc sur le temps de trajet. Les nombreuses études et recherches sur le sujet, dont on trouve une synthèse particulièrement complète dans les travaux de Markovich, conduisent à proposer une prise en compte de l'irrégularité du temps de transport qui repose sur une mesure simple de la largeur de la queue de distribution des temps de trajet *(voir tableau 3)*. Dans cette approche, on considère donc que les automobilistes n'anticipent les retards que par une connaissance de la médiane des temps de trajet sur l'origine-destination-horaire et l'on fait l'hypothèse forte[3] que les arrivées en avance ne sont pas dommageables.

(1) En effet, s'il est relativement intuitif que les individus sont plus averses au risque d'arriver en retard qu'à celui d'arriver en avance, arriver en avance peut aussi produire une désutilité : l'arrivée en avance se fait au détriment de l'activité qui était réalisée avant le départ, de même que le temps d'avance à destination n'est pas aisément convertible en temps productif.
(2) Dans la suite du document, on utilisera de manière indifférente les notions de « régularité » ou de « fiabilité » pour faire référence à la notion de fiabilité du temps de transport.
(3) Cette hypothèse est forte car, si l'arrivée en avance n'était pas dommageable, il suffirait aux usagers d'anticiper systématiquement l'heure de leur départ pour ne pas arriver en retard.

Tableau 3 – Valorisation de la régularité du temps de parcours pour le trafic de véhicules particuliers sur une origine-destination-horaire donnée

Valeur du temps = vdt	
Indicateur de régularité du temps de parcours	Écart entre le 90e percentile et la médiane des temps de parcours, normalisé par la valeur médiane du temps de parcours
Pondération de l'indicateur pour les motifs contraints (professionnels et domicile-travail/études)	2,5 * vdt
Pondération de l'indicateur pour les motifs non contraints	1 * vdt

Note de lecture : supposons que sur une origine-destination-horaire (ex. : Bordeaux-Toulouse, départ à 17 h), la médiane des temps de parcours soit de 2 heures et que le 90e percentile des temps de parcours soit de 3 heures. Alors, pour un projet qui aura pour conséquence d'abaisser le 90e percentile des temps de trajet à 2 heures 30 minutes sans modifier la durée médiane du parcours, il conviendra de compter comme bénéfice une réduction de « temps de trajet équivalent » de 2,5*(3-2,5)/2) = 0,625 heure (soit 37,5 minutes) pour les motifs contraints et (3-2,5)/2) = 0,25 heure (soit 15 minutes) pour les motifs non contraints. Chacun de ces « gains de temps équivalents » devra être monétarisé grâce à la valeur du temps du motif concerné.

Source : DG Trésor d'après Markovich (2009)

Dans le cas des transports collectifs, les services proposés à l'usager sont de deux types : les services basés sur le respect d'un horaire de départ et d'un horaire d'arrivée (comme l'avion ou le train interurbain) et les services basés sur le respect d'une fréquence de départ (comme le bus en milieu urbain). Pour une première approche, la commission estime qu'il semble suffisamment général de considérer que les services basés sur la fréquence sont aussi des services basés sur des horaires, même si les usagers ne les consultent pas systématiquement[1]. Nous proposons donc, pour les transports collectifs, de retenir une mesure reposant sur les écarts à l'horaire prévu d'arrivée.

Pour les transports collectifs urbains et périurbains, la mesure et la valorisation du retard sont données dans le tableau 4. Pour les transports collectifs interurbains, voir le tableau 5.

Les résultats pour l'interurbain, qui ont été obtenus à partir d'une enquête réalisée sur des usagers du TGV dont la représentativité des trafics n'a pas été vérifiée, sont à prendre avec précaution aussi bien pour des usages relatifs à des projets ferroviaires que pour des usages relatifs à d'autres modes interurbains. Néanmoins, la commission a jugé que le fait qu'ils se situent dans les intervalles de valeurs généralement observées dans la littérature permettait d'introduire, dans l'analyse socioéconomique, une première prise en compte du phénomène de fiabilité du temps de parcours.

(1) L'étude du STIF (2006) *(cf. tome 2)* montre qu'une approche « horaires » est utilisable sur l'intégralité des lignes de métro, que l'offre soit celle des heures de pointe (assimilable à un service basé sur la fréquence) ou celle des heures creuses (parfois assimilable à un service basé sur l'horaire). Les auteurs de l'étude estiment que la fréquence charnière au-delà de laquelle plus de 50 % des voyageurs arrivent à la gare sans référence à l'horaire des trains se situe vers 7 ou 8 trains par heure, soit un train toutes les 8 minutes.

Remarquons qu'il est souvent fait l'hypothèse que les opérateurs de transports publics essaient d'éviter les arrivées en avance dans chacune des stations, de telle sorte que seules les arrivées en retard sont étudiées.

Par ailleurs, soulignons que dans la pratique, il est difficile de savoir si les usagers d'un mode de transport anticipent ou non certains retards : le groupe des usagers étant composé d'habitués (que l'on peut supposer être au fait des perturbations récurrentes) et d'usagers occasionnels, la réalité est certainement entre les deux. De plus, il s'avère aussi compliqué de savoir quelle est la durée exacte des retards que les usagers habitués anticipent. En l'absence d'éléments précis sur ces sujets, une solution opérationnelle – mais qui devrait être approfondie par de plus amples recherches – est de considérer que dans le cas des transports collectifs urbains (respectivement interurbains), les retards inférieurs à 5 minutes (respectivement 10 minutes) sont anticipés par les usagers et ne doivent donc pas être pris en compte.

Tableau 4 – Relation entre probabilité de retard sur une origine-destination-horaire et valorisation en minutes équivalentes dans le cas des transports collectifs urbains et périurbains (tramway, métros, bus, trains de banlieue)

Probabilité du retard	Retards < ou = à 5 minutes	Retards compris entre 5 et 15 minutes		Retards strictement supérieurs à 15 minutes	
	Tous motifs	Trajets domicile-travail-études	Autres trajets	Trajets domicile-travail-études	Autres trajets
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 0 % et 5 %	Les retards de moins de 5 minutes sont valorisés comme du temps de trajet	0,92	1,24	1,34	1,78
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 5 % et 15 %		0,92	1,22	1,32	1,78
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 15 % et 30 %		0,84	1,12	1,08	1,44
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 30 % et 100 %		0,52	0,38	1,08	1,44

		Retards supérieurs à 5 minutes, tous motifs
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 0 % et 15 %	Les retards de moins de 5 minutes sont valorisés comme du temps de trajet	1,24
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 15 % et 30 %		1,10
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage entre 30 % et 100 %		0,60

Note de lecture : si un projet permet que sur une ODH les petits retards concernent 29 métros sur 100 au lieu de 30 métros sur 100 (soit un gain d'un point de pourcentage entre 15 % et 30 %), il convient de compter comme bénéfices 0,84 minute sur les trajets domicile-travail et 1,12 minute sur les autres trajets. Si aucune précision n'est connue sur l'impact d'un projet sur la distinction entre petits et grands retards, on appliquera de manière forfaitaire une valeur de 1 minute équivalente pour tout point de pourcentage supérieur à 5 %. Les estimations simplifiées sont obtenues en supposant que les retards sont composés à 4/5 de petits retards et à 1/5 de grands retards et sur la base du fait que selon l'ENTD 2007-2008, sur la France entière, en 2006, les déplacements locaux étaient constitués de 27,1 % de déplacements domicile-travail/études/garderie et 72,9 % d'autres déplacements.

Source : DG Trésor d'après STIF (2006)

Tableau 5 – Relation entre probabilité de retard sur une origine-destination-horaire et valorisation en minutes équivalentes dans le cas des transports collectifs interurbains (aérien, ferroviaire, autocar)

Probabilité du retard	Tous motifs	
	Retards inférieurs ou égaux à 10 minutes	Retards strictement supérieurs à 10 minutes
Minutes équivalentes pour chaque point de pourcentage	Les retards de moins de 10 minutes sont valorisés comme du temps de trajet	+ 2,5

Note de lecture : un projet ayant pour conséquence de faire de passer un service de 6 % de TGV en retard de plus de 10 minutes à 5 % dégage pour l'ensemble des usagers de l'ODH un gain équivalent à 2,5 minutes de temps de transport.

Source : DG Trésor d'après RFF (2012)

Comme pour la prise en compte du confort, en termes de procédé, la prise en compte de la fiabilité du temps de transport dans les calculs coûts-avantages de projets devrait suivre la méthode décrite dans le tableau suivant :

Tableau 6 - Procédé pour la prise en compte de la fiabilité du temps de transport dans l'analyse coûts-avantages

Si sur une origine-destination-horaire (ODH) le projet envisagé ***n'impacte pas*** le niveau moyen de fiabilité de chacun des modes de transport	Si sur une origine-destination-horaire (ODH) le projet envisagé ***impacte*** le niveau moyen de fiabilité d'un ou plusieurs modes de transport (i.e. caractère aléatoire (i.e. non prévisible) accompagnant l'heure d'arrivée des déplacements, qu'il s'agisse d'arriver en avance ou en retard)
Les variations d'utilité mesurées à partir des variations de temps de parcours et de prix suffisent	1. Le porteur de projet doit tout d'abord être en mesure de présenter de manière robuste quel sera l'impact du projet sur le niveau de fiabilité du mode étudié (ex. : passage de 20 % de trains en retard sur une ODH à 15 %) ; 2. sur la base du trafic prévu par le modèle, les temps de parcours pourront être bonussés/malussés pour prendre en compte la fiabilité, en suivant les valeurs de référence du tableau 5. On obtient ainsi des « temps ressentis » et 1/ des équivalents « gains de temps » pour les passagers déjà sur le mode de transport et 2/ les trafics induits et reportés grâce à l'augmentation de la fiabilité du temps de parcours. NB : cette méthode ne tient pas compte de deux phénomènes. D'une part, le nouveau trafic induit et reporté pourra conduire à dégrader le confort ressenti par les usagers, de sorte que le modèle parfait devrait « boucler ». D'autre part, le nouveau trafic induit et reporté pourra conduire à un effet « *Mohring* » permettant à l'exploitant du mode de transport de dégager davantage de revenu d'exploitation et donc d'améliorer la qualité de service, qu'il s'agisse de confort ou de fiabilité

Source : DG Trésor

Elle devrait s'appuyer sur une estimation robuste des gains physiques de fiabilité attendus de l'investissement envisagé. La part de la fiabilité devrait être isolée dans les avantages calculés, s'agissant d'un facteur nouveau et sur lequel des progrès sont à la fois nécessaires et souhaitables.

Recommandations

- Prendre en compte la fiabilité du temps de transport dans les analyses socioéconomiques *via* l'utilisation des méthodes de mesure et de valorisation données dans les tableaux 3, 4 et 5.
- Organiser des retours d'expérience et développer les études sur ce sujet majeur.
- Des études et recherches sur la fiabilité en matière de fret, un sujet majeur pour la politique des transports, devraient être lancées et menées activement.

6.4. Valeur de l'information

Simultanément aux exercices de valorisation du confort ou de la fiabilité du temps de parcours, de plus en plus d'études cherchent à déterminer la valeur donnée par les usagers à différents niveaux d'information. En termes pratiques, on comprend bien que les situations d'inconfort ou de manque de fiabilité sont d'autant mieux surmontables par les usagers que le niveau d'information est élevé. En effet, dans les situations de pic de trafic, obtenir l'information sur le niveau de fréquentation du prochain véhicule arrivant en station ainsi que sur le suivant permet aux usagers d'adapter leur comportement en arbitrant au mieux entre temps d'attente et inconfort évité. De même, lors de perturbations du trafic, diffuser l'information sur la cause et la durée des retards génère l'empathie des usagers mais leur permet aussi d'adapter leur itinéraire, de prévenir leurs proches ou leurs collaborateurs, etc.

Proposer des valeurs « de référence » associées à différents niveaux d'information est toutefois délicat car ces études proposent une valorisation de l'information qu'elle soit correcte ou non, et supposent que les situations de retard ou de forte affluence ne sont pas chroniques. Dans l'attente des conclusions plus opérationnelles à partir de ces recherches, la commission, qui n'a pas souhaité proposer de valeur « de référence » associée à l'information, recommande néanmoins de favoriser autant que faire se peut la bonne information des usagers. Mettre en place des systèmes d'information apparaît effectivement comme un moyen efficace d'augmenter la satisfaction des usagers et l'optimisation des choix d'itinéraires à moindre coût.

Recommandations

- Favoriser les projets proposant une meilleure information des usagers, afin de permettre l'adaptation des choix d'itinéraires et la réduction des surcoûts d'inconfort ou de fiabilité.
- Développer les recherches sur le thème de la valeur de l'information.

6.5. Approfondir la notion de déshorage

Le concept de déshorage réside dans un ajustement (coûteux) des choix d'horaires des individus dont l'objectif est d'éviter de l'inconfort (par exemple en période de pointe dans les transports en commun), d'éviter un retard, voire d'éviter une arrivée en avance. En pratique, l'existence du phénomène de déshorage explique notamment l'étalement des pointes de trafic : si l'on n'observe pas autant de congestion, c'est que certains individus s'adaptent en partant un peu plus tôt ou un peu plus tard… mais cela leur est coûteux. La contribution d'André de Palma et de Nathalie Picard, figurant dans le tome 2, explicite ces points et montre l'intérêt d'une prise en compte du déshorage. La principale difficulté pour prendre en compte le déshorage dans les analyses coûts-avantages est que l'on ne connaît pas, sauf enquête spécifiquement dédiée, les horaires d'arrivée préférés des individus.

Recommandations

- Approfondir les recherches (notamment au niveau des modèles de trafic et des enquêtes permettant de caler les modèles) relatives au concept de déshorage.
- Approfondir les recherches sur l'existence ou l'absence de doubles comptes si l'on valorise d'une part le déshorage et d'autre part le confort et la fiabilité du temps de parcours.

7. Le cas particulier des marchandises

Le concept de valeur du temps dans le transport de marchandises est *a priori* le même que pour le transport de voyageurs, sous la réserve que les entreprises cherchent à maximiser leur profit et non une fonction d'utilité. Néanmoins, la complexité des chaînes logistiques et la multiplicité des agents qui y opèrent rendent le concept de valeur du temps plus complexe et les estimations de ces valeurs plus dispersées.

Cette section synthétise des recommandations issues de la note détaillée du tome 2, « La valeur du temps et les paramètres liés ». Nous commençons par revenir sur certaines difficultés conceptuelles propres au transport de marchandises puis proposons des valeurs du temps « de référence ».

7.1. La notion de valeur du temps marchandises

Le concept de valeurs du temps marchandises est similaire à celui employé dans le domaine du transport de passagers. Néanmoins, deux spécificités propres au secteur engendrent une certaine complexité dans l'estimation des valeurs proprement dites.

D'une part, la multiplicité des agents dans le secteur du fret amène à distinguer valeur du temps « chargeur » et valeur du temps « transporteur ». Ces deux concepts sont empiriquement très difficiles à distinguer. Cette difficulté repose sur la question de l'identification de l'agent pour lequel il y a modification du temps de transport : ce

peut être soit le chargeur, soit le transporteur soit les deux. Dans la suite, les valeurs du temps qui sont proposées correspondent à des valeurs du temps « chargeur ».

D'autre part, la complexité des chaînes logistiques conduit à devoir, en théorie, distinguer temps de livraison[1], temps de transport[2] et temps de déplacement[3]. Les deux premières mesures embrassent davantage de préoccupations propres au transport de marchandises mais en incluent qui ne sont pas directement liées à la valeur du temps. La plupart des études se sont donc concentrées sur la troisième et dernière notion, ce que nous faisons ici.

7.2. Les valeurs du temps « de référence » pour les marchandises

Une revue des valeurs du temps marchandises proposées dans la littérature académique a été effectuée dans le tome 2.

Outre les difficultés à appréhender précisément ce que comprennent ces valeurs, la commission a constaté que l'unité de mesure de la valeur du temps dans le transport de marchandise n'était pas uniforme : certaines recherches expriment les valeurs du temps en euros/tonne/mode de transport (sans préciser la nature de la marchandise) tandis que d'autres privilégient des valeurs en euros/tonne différenciées selon le type de marchandises (mais sans donner de moyenne par mode).

S'il peut sembler plus simple d'utiliser des valeurs par mode que des valeurs du temps en euros/tonne différenciées selon le type de marchandises, la commission souhaite réaffirmer – dans la lignée du rapport Boiteux II (2001) – que la valeur du temps est, par nature, associée à la marchandise. En conséquence, l'utilisation de valeur du temps par mode, même issue d'une moyenne des chargements transportés par le mode en question, peut être ambiguë et source d'erreur, notamment dans le cas de projets engendrant des reports modaux[4]. Il est donc recommandé d'utiliser des valeurs du temps distinguées selon le type de marchandises.

À titre conservatoire, il est proposé de retenir les valeurs proposées (après actualisation) dans le rapport Boiteux II (2001). Néanmoins, d'importantes recherches doivent être mises en œuvre afin de connaître la valeur du temps lors d'opérations logistiques et de pouvoir proposer une segmentation plus fine des valeurs du temps par sous-types de marchandises.

(1) Délai entre la date d'accord entre l'expéditeur et le transporteur et la date de livraison à l'entreprise destinataire.
(2) Temps comprenant toutes les opérations logistiques, dont les temps de chargement-déchargement, le temps de stockage, etc.
(3) Temps qui ne concerne que le déplacement de la marchandise entre une origine et une destination.
(4) À titre d'exemple, si une marchandise (disons un lot de voitures devant être livré à un concessionnaire) passe du mode routier au ferroviaire sans que le temps de déplacement soit modifié, on ne comprendrait pas que la valeur du temps associée à cette marchandise ait soudainement changé *(voir à ce sujet chapitre 1, section 2 relative au calcul des surplus)*.

Valeurs du temps marchandises (en euros 2010/h en 2010)

Type de marchandises	Valeur du temps de déplacement
Marchandises à forte valeur ajoutée *Valeur indicative : > 35 000 €/t* *Exemples : transport combiné, conteneurs maritimes, messagerie, transports frigorifiques, route roulante, trafic roulier…*	0,60 €/t
Marchandises courantes *Valeur indicative : entre 6 000 et 35 000 €/t* *Exemples : autres trafics ferroviaires, maritimes et fluviaux*	0,20 €/t
Marchandises à faible valeur ajoutée *Valeur indicative : < 6 000 €/t* *Exemples : vrac, granulats…*	0,01 €/t

Source : DG Trésor

Enfin, en plus des variations de temps de parcours, il serait utile de disposer d'une méthode permettant de prendre en compte l'influence de la fiabilité du temps de parcours et de la flexibilité (i.e. la fréquence avec laquelle les livraisons peuvent avoir lieu). Ces variables sont en effet déterminantes lors du choix d'une prestation de transport de marchandises. La commission a pris connaissance de résultats spécifiques à certains types de marchandises ayant lieu sur certains axes routiers, mais ne dispose pas d'un nombre suffisant de résultats concernant les autres modes de transport pour en tirer des conclusions.

Recommandations

- Utiliser les valeurs du temps « marchandises » présentées dans le tableau ci-dessus.
- Poursuivre les recherches afin de disposer de valeurs du temps marchandises pour des catégories plus précises et plus fines de marchandises.
- Effectuer des recherches appliquées afin de pouvoir valoriser fiabilité, traçabilité et flexibilité dans le transport de marchandises, tous modes confondus.

8. Les coûts d'environnement

La réglementation applicable aux projets comme aux plans et programmes fait obligation au pétitionnaire de décrire les impacts directs et induits prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine de l'opération qu'il envisage. Selon le décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, le pétitionnaire doit, en outre, définir les mesures prévues pour :

– **éviter** les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et **réduire** les effets n'ayant pu être évités ;

– **compenser**, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité.

Il est ajouté que « la description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes ».

La séquence « éviter, réduire et compenser » concerne l'ensemble des thématiques de l'environnement et s'applique sur toute la zone d'impact du projet.

8.1. Pollution atmosphérique

Les effets sanitaires de la pollution atmosphérique sont intégrés dans le calcul socioéconomique depuis le rapport Boiteux II. Cette partie propose une mise à jour des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique qui tient compte de quatre évolutions majeures :

– mise en œuvre de la méthode européenne de calcul des coûts de la pollution atmosphérique de type « *bottom-up* » (et non plus « *top-down* ») ;

– internalisation des effets des particules, des NOx, du SO_2 et des COVNM (et non plus des particules uniquement) ;

– modulation du coût des émissions selon la vitesse des véhicules et la densité des zones traversées, y compris pour les zones de très forte densité ;

– augmentation de la valeur de la vie humaine.

Adoption de l'approche « bottom-up » pour le calcul des valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique due à la circulation

Par rapport aux méthodes mises en œuvre dans la période du début des années 2000, fondées essentiellement sur des procédures *top-down*, dans lesquelles on répartit entre les différents véhicules un coût total de la pollution au niveau national, les méthodes, qui ont été utilisées dans ce rapport sont du type « *bottom-up* » : elles reposent sur une procédure connue sous le nom d'« *Impact Pathway Approach* », dans laquelle on part des émissions des véhicules pour évaluer l'impact sur la santé des personnes exposées.

La démarche s'est largement appuyée sur des études européennes et a bénéficié des travaux et de l'expertise d'Ari Rabl. Des projets tels qu'ExternE (2005), CAFE (2005) ou encore le programme HEATCO (2006) ont permis des avancées significatives dans la modélisation des émissions de polluants, de leurs effets sur la santé et l'environnement ainsi que dans la monétarisation de ces effets. Ces travaux reposent tous sur la méthodologie globale « *Impact Pathway Approach* » initialement développée dans le projet ExternE puis reprise et améliorée dans les projets ultérieurs. Les résultats de ces travaux alimentent ensuite des démarches plus sectorielles telles que le *Handbook of External Costs in the Transport Sector* (2008) ou celui de CE Delft-INFRAS (2011) qui visent à dégager des valeurs monétaires de référence pour le calcul socioéconomique dans le secteur des transports.

Bien que les valeurs proposées dans le *Handbook* de 2008 soient considérées comme robustes et qu'elles prennent en compte les polluants et effets principaux, quelques critiques peuvent être émises à leur égard :

– elles ne tiennent pas compte de l'augmentation de la valeur de la vie humaine observée au cours de ces dix dernières années, notamment, dans le récent rapport de l'OCDE de 2012 (environ + 50 %) ; cette augmentation a été actée par le présent rapport *(voir chapitre 1, section 8 sur la valeur de la vie humaine)* ;

– elles sont calculées à partir de données allemandes de trafic, d'occupation du sol et de population. Or, il existe des écarts significatifs de densité de population entre des zones urbaines et non urbaines en France et en Allemagne, de même, la composition du parc automobile allemand n'est pas comparable au parc français, etc.

Ces valeurs ont par conséquent été recalculées pour les adapter au cas de la France. La méthode de calcul reste la même que dans le *Handbook* ou le rapport CE Delft-INFRAS. Elle est appliquée aux émissions atmosphériques associées à la circulation française pour tous les modes de transport (routier, ferroviaire, aérien et fluvial). Elle peut être résumée comme suit :

1) Calcul du coût annuel des impacts du polluant *p* émis par la catégorie de véhicule *v*, $Co\hat{u}t_{vp}$ (en €/véh.km) :

$$Co\hat{u}t_{vp} = F_{vp}.C_p$$

F_{vp} : Facteur d'émission du polluant *p* par la catégorie de véhicule *v* (en g/véh.km) ;

C_p : Coût marginal des impacts sanitaires et environnementaux des émissions du polluant *p* (en €/g).

2) Calcul de la valeur tutélaire des émissions de polluants de la catégorie de véhicule *v* (en €/véh.km) :

$$Valeur\ tutélaire_v = \sum_{p=1}^{n} Co\hat{u}t_{vp}$$

Modulation du coût des impacts sanitaires en fonction de la valeur de la vie humaine et de la densité de population à proximité de l'infrastructure

Afin d'être cohérent avec les recommandations sur la valeur de la vie humaine du chapitre 1, la part mortalité des coûts marginaux est corrigée d'un facteur 2,5. Ce facteur correspond au rapport entre la VAV utilisée dans les rapports HEATCO et CE Delft-INFRAS, à savoir 46 000 euros 2010, et celle du présent rapport, soit 115 000 euros 2010.

Pour être le plus complet possible, le coût des impacts sanitaires des polluants primaires émis par la circulation devrait être modulé en fonction de l'exposition de la population située à proximité de l'infrastructure. L'idéal serait pour cela de disposer d'un modèle de dispersion atmosphérique défini à une échelle locale pour calculer les concentrations qui résulteraient des émissions de la circulation induite par le projet. À défaut d'un tel outil, le coût des impacts sanitaires est, en première approximation, modulé en fonction de la densité de population située à proximité de l'infrastructure en appliquant les facteurs indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 – Facteurs multiplicatifs de densité de population pour le calcul des coûts sanitaires lorsque l'infrastructure passe d'une zone à l'autre

Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
*10	*3	*3	*3

Source : CAS

Ces facteurs sont déduits à partir des écarts de densité moyenne entre zones *(voir tableau 2)*.

Tableau 2 – Densité de population des zones traversées par l'infrastructure

hab/km²	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Fourchette	< 37	37-450	450-1 500	1 500-4 500	> 4 500
Densité moyenne	25	250	750	2 250	6 750

Source : CAS

Spécificités de calcul pour le transport routier

La procédure générale de calcul exposée plus haut est appliquée aux émissions de particules et de gaz (NOx, SO_2 et COVNM) de la circulation routière. Les émissions de particules proviennent de la combustion moteur et de l'usure des matériaux (revêtement de sol, pneus, plaquettes de frein), alors que celles de gaz proviennent de la combustion moteur uniquement.

Les valeurs de coût marginal sont issues du rapport HEATCO (2006) et correspondent aux impacts suivants[1] :

- particules (PM2,5) : effets sanitaires (mortalité et morbidité) ;
- NOx : effets sur la santé (*via* nitrates et O_3), eutrophisation des milieux et effet fertilisation des sols agricoles (*via* nitrates), pertes de cultures (*via* O_3) ;
- SO_2 : santé (*via* sulfates), acidification des milieux, pertes de cultures ;
- COVNM : effets sanitaires (*via* O_3), pertes de cultures (*via* O_3).

Les facteurs d'émission utilisés sont calculés à partir des émissions du parc roulant de 2010 d'après les données du rapport SECTEN du CITEPA (2012)[2].

Dans la mesure où les émissions de polluants à l'échappement dépendent de la vitesse de circulation du véhicule, les facteurs d'émission sont modulés par un coefficient comme indiqué dans le tableau suivant. Dans l'état des connaissances actuelles, seules les émissions de NOx et de PM2,5 sont renseignées.

(1) À partir l'annexe D du délivrable 5 du rapport HEATCO (p. 14-21).
(2) CITEPA (2012), « Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France. Séries sectorielles et analyse étendues », Format Secten, 336 p.

Tableau 3 – Coefficients de vitesse pour le calcul des facteurs d'émission lorsque l'infrastructure passe d'une zone à l'autre

	Interurbain à urbain diffus	Urbain diffus à urbain	Urbain à urbain dense	Urbain dense à urbain très dense
VL NOx	/1,5	/1,3	*1	*1,5
VL PM2,5	/1,5	/1,7	*1	*1,3
PL NOx	*1,1	*1,2	*1	*1,6
PL PM2,5	*1	*1,2	*1	*2

NB : les facteurs des VP sont également appliqués aux deux-roues et VUL ; de même les facteurs PL sont appliqués aux bus également.

Source : CAS

Ces coefficients sont calculés à partir des facteurs d'émission déterminés par le modèle COPERT en fonction de la vitesse du véhicule *(voir tableau ci-dessous)*.

Tableau 4 – Vitesse et facteurs d'émission des zones traversées par l'infrastructure

	Interurbain	Urbain diffus	Urbain	Urbain dense	Urbain très dense
Véhicules légers					
Vitesse (km/h)	130	110	40-80	40-80	20
Facteur d'émission NOx (g/véh.km)	1,2	0,8	0,6	0,6	0,9
Facteur d'émission PM2,5 (g/véh.km)	0,09	0,06	0,035	0,035	0,045
Poids lourds					
Vitesse (km/h)	90	80	40-80	40-80	20
Facteur d'émission NOx (g/véh.km)	5,5	6	7	7	11
Facteur d'émission PM2,5 (g/véh.km)	0,125	0,125	0,15	0,15	0,3

Source : CAS, à partir de SETRA (2009), Émissions routières de polluants atmosphériques : Courbes et facteurs d'influence

Spécificités de calcul pour le transport ferroviaire et fluvial

En recalculant les coûts pour les trains électriques à partir des données du rapport OMINEA (2012)[1] du CITEPA, on trouve une valeur voisine du rapport CE Delft-INFRAS (2011) pour les trains électriques de voyageurs. Ces coûts correspondent à l'usure et à l'abrasion des rails/roues, des freins et des caténaires. À défaut de données supplémentaires pour calculer les coûts des autres types de trains (électrique fret,

(1) Le rapport OMINEA fournit des valeurs de facteur d'émissions des trains électriques pour les émissions de particules liées à l'abrasion et à l'usure des rails et roues, des freins et des caténaires ; CITEPA (2012), *Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France*, 9e édition, 1 242p.

diesel passager et diesel fret), les valeurs de référence du rapport CE Delft-INFRAS pour les quatre types de trains sont reprises pour déterminer les valeurs tutélaires françaises. Il en est de même pour le transport fluvial.

Les valeurs de référence CE Delft-INFRAS couvrent les effets sanitaires (mortalité et morbidité) et environnementaux (eutrophisation des milieux et pertes de cultures) des émissions de particules et de NOx des transports ferroviaire et fluvial, à l'exception du train électrique pour lequel seules les émissions de particules sont prises en compte.

Afin d'intégrer l'évolution de la valeur de la vie humaine, et étant donné que le rapport CE Delft-INFRAS se base sur les données de coût du rapport HEATCO pour les émissions de particules, la part « mortalité » des coûts marginaux des particules est également multipliée par 2,5.

Cas particulier du transport aérien

On calcule ici :

– d'une part, le coût des émissions de NOx par mouvement, un mouvement étant un décollage ou un atterrissage ;

– d'autre part, le coût des émissions moyennes de NOx au cours d'un vol moyen (entre 500 et 1 000 km) en France et en Europe. Un vol correspond à un décollage, une phase croisière et un atterrissage.

Des exemples de coûts pour quelques aéroports français sont indiqués dans le tableau suivant.

Tableau 5 – Exemples de coûts des émissions de NOx pour des aéroports en zone « urbain » et « urbain diffus »

	« Urbain »			*« Urbain diffus »*	
	Roissy	**Orly**	**Toulouse**	**Nice**	**Lyon**
Coût des émissions en phase LTO pour 100 mouvements *(€2010/100 mouvements)*	17 203	11 850	8 754	2 878	3 035
Coût total des émissions pour 100 vols *(€2010/100 vols)*	53 038	26 311	13 579	11 809	13 148
Coût total moyen pour 100 vols.km *(€2010/100 vols.km)*	16,02	14,30	16,42	12,34	13,32

NB : les émissions en phase LTO agrègent les émissions associées à l'atterrissage et au décollage. Un « mouvement » est un atterrissage ou un décollage.

Source : CAS à partir du rapport DGEC (2010), Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2009

Valeurs tutélaires de la pollution atmosphérique

Les valeurs recommandées pour les modes de transport routier, ferroviaire, fluvial et aérien sont indiquées dans les tableaux suivants.

- **Transport routier**

Tableau 6 – Valeurs tutélaires pour le transport routier (émissions dues à la combustion et à l'usure)

€2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP	11,1	3,1	1,3	1,0	0,9
VP diesel	13,8	3,8	1,6	1,3	1,0
VP essence	4,5	1,3	0,6	0,5	0,5
VP gpl	3,5	1,0	0,4	0,3	0,1
VUL	22,0	6,1	2,5	1,9	1,5
VU diesel	22,9	6,3	2,6	2,0	1,6
VU essence	6,3	1,9	0,9	0,8	0,8
PL diesel	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4
Deux-roues	8,7	2,5	1,0	0,8	0,5
Bus	125,4	24,8	11,9	6,3	4,2

Source : CAS

Ces valeurs correspondent aux émissions de PM2,5, NOx, COVNM et SO_2 du parc roulant de 2010. Le tableau ci-dessous précise la composition du parc roulant pour les VP diesel et essence.

Tableau 7 – Composition du parc roulant VP diesel et essence, en 2010

Parc 2010 VP diesel			Parc 2010 VP essence		
	Md véh.km	%		Md véh.km	%
Pre-Euro (… -1989/1992)	6	2 %	ECE 15/04 (1987-1989/1992)	6,6	5 %
Euro 1 (1993-1996)	21,3	7 %	Euro 1 (1993-1996)	15	12 %
Euro 2 (1997-2000)	43,9	15 %	Euro 2 (1997-2000)	28,5	23 %
Euro 3 (2001-2005)	81,2	27 %	Euro 3 (2001-2005)	30,5	25 %
Euro 4 (2006-2010)	145,8	49 %	Euro 4 (2006-2010)	40,9	34 %
Total	**298,2**	**100 %**	**Total**	**121,5**	**100 %**

Source : CAS à partir du rapport OMINEA, 2012

Le tableau suivant présente une déclinaison Norme Euro du coût des émissions de NOx, SO_2, COVNM et PM2,5 des véhicules VP et VUL. Ici, les émissions ne sont dues qu'à la combustion moteur.

Tableau 8 – Déclinaison par Norme Euro des coûts des émissions de NOx, SO_2, COVNM et PM2,5 dues à la combustion des VP et VUL

€2010/100 véh.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
VP diesel					
Euro 1	32,3	8,6	3,2	2,1	1,15
Euro 2	18,8	5,1	2,0	1,5	1,05
Euro 3	11,6	3,1	1,2	0,8	0,53
Euro 4	5,81	1,56	0,60	0,42	0,27
Euro 5	1,3	0,4	0,2	0,2	0,17
Euro 6	1,1	0,3	0,1	0,1	0,08
VP essence					
Euro 1					
Euro 2					
Euro 3	0,97	0,33	0,20	0,19	0,20
Euro 4	0,92	0,30	0,16	0,14	0,13
Euro 5	0,91	0,29	0,16	0,13	0,12
Euro 6	0,91	0,29	0,16	0,13	0,12
Euro 5*	1,23	0,37	0,18	0,15	0,12
Euro 6*	1,11	0,35	0,17	0,14	0,12
VUL diesel					
Euro 1	43,9	11,7	4,4	3,0	1,70
Euro 2	28,1	7,7	3,0	2,2	1,59
Euro 3	16,2	4,4	1,7	1,2	0,70
Euro 4	9,3	2,5	0,9	0,6	0,37
Euro 5	1,3	0,4	0,2	0,2	0,23
Euro 6	1,1	0,3	0,1	0,1	0,11
VUL essence					
Euro 1					
Euro 2					
Euro 3	1,13	0,41	0,25	0,24	0,26
Euro 4	1,07	0,37	0,21	0,19	0,19
Euro 5	1,06	0,36	0,20	0,18	0,16
Euro 6	1,06	0,36	0,20	0,18	0,16
Euro 5*	1,27	0,41	0,22	0,19	0,17
Euro 6*	1,16	0,39	0,21	0,18	0,16

* *Uniquement pour les véhicules à injection directe.*

NB : ces valeurs sont calculées en tenant compte :

- pour les émissions de NOx et de PM2,5 : des facteurs d'émission préconisés par les Normes Euro, à l'exception des Normes Euro 1 et 2 des véhicules diesel qui correspondent aux émissions moyennes de NOx du parc roulant de 2010, et, des normes Euro 3 et 4 des véhicules essence qui correspondent aux émissions moyennes de PM2,5 du parc roulant de 2010 ;
- pour les émissions de COVNM et de SO_2 : des facteurs d'émission moyens obtenus à partir des émissions totales du parc circulant de 2010 ainsi que des distances parcourues.

Source : CAS

• **Transport ferroviaire**

Les chiffres du tableau qui suit sont valables pour des trains de grandes lignes. Ils ne sont pas adaptés au cas des tramways et métros pour lesquels des études doivent être faites.

Tableau 9 – Valeurs tutélaires pour le transport ferroviaire

€2010/100 trains.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Train passagers diesel	881,5	293,8	97,9	32,6	3,3
Train passagers élec.	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables
Train fret diesel	750,5	250,2	83,4	27,8	2,8
Train fret élec.	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables	négligeables

Source : CAS

Les trains électriques et diesel émettent des particules du fait de l'abrasion mécanique des rails, roues, caténaires et freins. Dans la mesure où ces particules ne résultent pas d'une combustion, leurs effets sur la santé sont supposés moindres que dans le cas des particules contenues dans les gaz d'échappement[1]. Ces coûts ne sont toutefois pas assez référencés pour donner lieu à un chiffrage précis et ont été considérés comme proches de zéro.

Il est par ailleurs à noter que, tout comme les trains électriques, les rames de métro émettent des particules par abrasion mécanique des rails, roues, caténaires et freins qui peuvent générer des concentrations non négligeables de particules dans les tunnels. Ce point devrait faire l'objet de campagnes de mesures dans le métro parisien prochainement. De même, la nocivité de ces particules devrait donner lieu à des travaux complémentaires afin que des valeurs de coûts puissent être retenues[2].

• **Transport fluvial**

Tableau 10 – Valeurs tutélaires pour le transport fluvial

€2010/100 bateaux.km	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Fluvial	18 900	6 350	2 150	750	140

Source : CAS

(1) En appliquant le coût des PM2,5 issues de la combustion aux PM2,5 issues de l'abrasion mécanique, on obtiendrait un coût des trains électriques d'environ 40 €2010/100 trains.km (passagers) et 60 €2010/100 trains.km (fret) en zone « urbain diffus ».
(2) Des travaux de ce type ont été réalisés par Ari Rabl dans son ouvrage à paraître aux Cambridge University Press.

• **Transport aérien**

Tableau 11 – Valeurs tutélaires pour le transport aérien

	Urbain	Urbain diffus
Mouvement : *(€2010/100 mouv.)*	Entre 8 700 et 17 200	Entre 2 900 et 3 050
Vol : *(€2010/100 vols.km)*	Entre 14,3 et 16,5	Entre 12,3 et 13,3

Source : CAS

Ces valeurs tutélaires doivent être appliquées aux tronçons de réseau lorsqu'ils correspondent aux densités de population indiquées dans le tableau 2 au début cette section.

Des taux d'occupation et de chargement moyens des véhicules (routiers, ferroviaires, aérien, et fluvial) sont indiqués, à titre illustratif, dans le tome 2 de ce rapport.

Des valeurs tutélaires globalement plus élevées que dans le rapport Boiteux II

Les valeurs tutélaires proposées pour le transport routier sont globalement plus élevées que les valeurs recommandées dans le rapport Boiteux II :

– en zone « interurbain », elles tiennent compte des coûts sanitaires et environnementaux des NOx, COVNM et SO_2. De plus, les coûts sur la mortalité sont révisés de manière à tenir compte de la revalorisation de la valeur de la vie humaine à 3 millions d'euros 2010 (équivalents à une VAV de 115 000 euros 2010) ;

– les écarts observés pour les zones « urbain diffus» et « urbain » s'expliquent par la modulation des coûts des polluants primaires (particules) en fonction de la densité de population (plus la densité augmente, plus le coût augmente) alors que les coûts des polluants secondaires (NOx, SO_2 et COVNM) restent constants d'une zone à l'autre. Dans les valeurs Boiteux II, seul l'effet « polluant primaire » était pris en compte ;

– la forte hausse des valeurs en zones « urbain dense » et « urbain très dense » résulte de la densité élevée de population dans ces zones combinée à des facteurs d'émission qui augmentent par rapport à la zone « urbain diffus » du fait des faibles vitesses moyennes de circulation.

Les écarts de valeur entre types de véhicules diesel (VP, VUL, PL) s'expliquent en grande partie par la consommation de carburant qui est très variable d'un type de véhicules à l'autre (entre 5 et 10 l/100 km pour un véhicule léger ; entre 35 et 40 l/100 km pour un véhicule lourd vide).

Pour les modes de transport ferroviaire et fluvial, les valeurs proposées sont calculées à partir du rapport CE Delft-INFRAS (2011). Les écarts proviennent de :

– la hausse de la valeur de la vie humaine ;

– la modulation de la part sanitaire du coût des polluants en fonction de la densité de population.

Enfin, pour le mode aérien, qui ne tient compte que des émissions de NOx, les valeurs proposées sont également plus élevées que le rapport CE Delft-INFRAS du fait de la hausse de la valeur de la vie humaine prise en compte dans la part sanitaire du coût des émissions de NOx.

Une nécessaire mise à jour des valeurs tutélaires au fur et à mesure des avancées de la recherche

L'attribution d'une valeur économique aux émissions de polluants atmosphériques fait appel à de nombreux domaines scientifiques en constante évolution (modélisation météorologique et atmosphérique, toxicologie, écotoxicologie, etc.). Une mise à jour régulière des valeurs ci-dessus en fonction des avancées de la recherche est fortement recommandée. Est particulièrement encouragé de développer, en France, une chaîne de modèles visant à quantifier et à monétariser les effets de la pollution atmosphérique et cela, à l'échelle la plus fine possible. Cette chaîne de modèles devra permettre de distinguer la part des grands secteurs de l'économie, et en particulier celle du secteur du transport et de ses différents modes, dans le coût des émissions atmosphériques. Il est nécessaire en tout cas qu'une veille soit assurée concernant les études et recherches en cours, de sorte que leurs résultats soient traduits de façon adéquate dans la mise en œuvre des calculs de rentabilité.

Quant à l'évolution de ces valeurs, le tome 2 montre qu'une réduction annuelle de 6 % sur la période 2010-2020 liée au développement des véhicules Euro/EURO 5 et 6 serait souhaitable. Cela paraît cohérent avec les évolutions proposées dans le rapport Boiteux II (− 9,8 % par an sur la période 2000-2020 pour les véhicules légers et − 6,5 % pour les poids lourds) et les améliorations technologiques constatées. Pour les modes aérien, ferré diesel et fluvial, il convient de faire évoluer les émissions dues à la combustion moteur de la même manière que l'évolution de la consommation de combustible/carburant. Cette règle d'évolution des émissions ne tient toutefois pas compte de la réduction possible des émissions par le progrès technique. Celle-ci pourra être intégrée dans les dossiers sous réserve de justifications précises.

Recommandations

- Prendre en compte la valeur de la pollution atmosphérique due à la circulation dans les analyses socioéconomiques *via* l'utilisation des valeurs tutélaires présentées dans les tableaux ci-dessus.
- Faire évoluer les valeurs de la pollution atmosphérique en tenant compte, d'une part, de l'évolution du PIB par tête et d'autre part, de l'évolution du parc circulant et de l'évolution des émissions individuelles (ces dernières sont estimées à – 6 % par an sur la période 2010-2020 pour le mode routier). Au-delà, établir le coefficient à partir de scénarios d'émissions du parc circulant sur le moyen et long terme.
- Poursuivre les recherches afin de pouvoir disposer de valeurs de la pollution atmosphérique plus adaptées à la densité de population et aux conditions météorologiques françaises.

8.2. Les effets amont-aval

Une démarche appuyée sur les études européennes

On peut compter trois grandes catégories d'externalités en amont et en aval de l'usage de l'infrastructure (les externalités produites par le trafic, les émissions de CO_2 et de polluants atmosphériques sont traitées dans les chapitres précédents) :

- externalités liées à la production d'énergie et à sa distribution (« du puits au réservoir ») : la production de carburant et d'électricité génère des polluants vers l'air, l'eau et le sol. Les émissions ont lieu lors de l'extraction de la matière première, de son transport et de sa transformation ainsi que lors du transport du produit fini. Les impacts toxicologiques et éco-toxicologiques des polluants atmosphériques ainsi que les effets sur le changement climatique des émissions de gaz à effet de serre sont les impacts les mieux connus aujourd'hui. Les risques environnementaux et sanitaires de la production et distribution d'énergie (risques liés à l'énergie nucléaire, risques de déversements accidentels d'hydrocarbures lors de leur extraction ou de leur transport, etc.) sont encore trop peu documentés pour être intégrés de façon robuste dans le coût des externalités amont ;
- externalités liées à la production de véhicules, leur maintenance et retrait : ces activités sont consommatrices d'énergie et de matériel et génèrent des externalités dont les mieux connues sont le changement climatique et la pollution atmosphérique ;
- externalités liées à la construction, maintenance et fin de vie de l'infrastructure : ces activités ont des externalités, les mieux connues étant liées à l'occupation des sols, aux matériaux de construction et au matériel de chantier utilisés.

Le *Handbook* et le rapport CE Delft-INFRAS proposent des valeurs de référence 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, SO_2 et COVNM ;
- changement climatique due aux émissions du « puits au réservoir » de gaz à effet de serre (CO_2, N_2O et CH_4).

La méthode de calcul des coûts marginaux de ces émissions employée par les auteurs de ces rapports est la même que pour les émissions liées à la circulation *(voir section précédente sur la pollution atmosphérique)*, les émissions des activités de production d'énergie et de distribution sont multipliées par des coûts marginaux par tonne de polluant ou tonne de CO_2 émis.

Le *Handbook* et le rapport CE Delft-INFRAS proposent également des valeurs de référence pour monétariser la pollution de l'eau et des sols due à la circulation et à l'entretien des équipements de transport (par exemple : hydrocarbures provenant des fuites d'huile, désherbants des revêtements et abords de routes et chemins de fer, produits de dégivrage des routes et des avions, etc.). Le calcul de ces valeurs repose ici sur le coût de dépollution d'un volume d'eau ou de terre estimé dans quelques cas particuliers en Europe.

Adaptation des valeurs de référence du rapport CE Delft-INFRAS

Les valeurs du rapport CE Delft-INFRAS présentent plusieurs avantages :

- elles sont calculées à partir d'émissions des secteurs de la production d'énergie et de la distribution d'énergie françaises. Aussi, les valeurs du train électrique tiennent compte du mix énergétique français relatif à la consommation d'électricité dans le transport ferré ;
- elles tiennent compte des valeurs de coût marginal de la pollution atmosphérique en France.

Ces valeurs doivent en revanche être cohérentes avec les valeurs de la vie humaine et de la tonne de CO_2 recommandées dans le présent rapport, à savoir :

– une VAV de 115 000 euros 2010 (et non pas 46 000 euros 2010) ;

– une tonne de CO_2 à 32 euros 2010 (et non pas 146 euros 2010).

En l'absence de valeurs de référence désagrégées, la part des différents polluants et des gaz à effet de serre dans la valeur totale est attribuée comme indiqué dans le tableau suivant.

Tableau 12 – Hypothèses sur la part des groupes de substance dans la valeur de référence du rapport CE Delft-INFRAS (en pourcentage)

	A : part CO_2	B : part PM	Γ : part gaz (NOx, SO_2, COVNM)	Dans la valeur de référence R_v pour le mode de transport *m*
Route	54	Négligeable	46	100
Fer diesel	54	Négligeable	46	100
Fer élec.	63	Négligeable	37	100
Aérien	54	Négligeable	46	100
Fluvial	54	Négligeable	46	100

NB : pour le mode ferroviaire électrique, il est considéré que l'énergie consommée est à 90 % d'origine nucléaire et renouvelable et n'émet pas les polluants pris en compte dans ce rapport (CO_2, PM, NOx, SO_2 et COVNM). Les émissions correspondent donc aux 10 % restants (centrales thermiques au charbon et au gaz).

Source : CAS à partir du bilan énergétique de la France pour 2010 et des émissions de 2010 des secteurs « production électricité » et « raffinage du pétrole » du CITEPA (rapport SECTEN, 2012)

Ainsi, la valeur tutélaire des émissions amont pour le type de véhicule *v*, est calculée comme suit à partir de la valeur de référence R_v recommandée dans le rapport CE Delft-INFRAS :

$$Valeur\ tutélaire_v = 0{,}22.\alpha.R_v + 2{,}5 * 0{,}5.\beta.R_v + (1-0{,}5)\beta R_v + 2{,}5 * 0{,}45.\gamma R_v + (1-0{,}45).\gamma R_v$$

Les coefficients correcteurs 0,22 et 2,5 sont respectivement ceux relatifs à la valeur de la tonne de CO_2[1] et de la valeur de la vie humaine[2]. Le coefficient 0,5 correspond à la part mortalité dans la part PM de la valeur de référence. Le coefficient 0,45 correspond à la part mortalité dans la part « gaz » (NOx, SO_2 et COVNM) de la valeur de référence[3].

Les valeurs recommandées pour la route, le fer, l'aérien et le fluvial sont indiquées dans le tableau suivant.

(1) 32/146 = 0,22.
(2) 115 000/46 000 = 2,5.
(3) On suppose ici que 90 % de la valeur de référence correspond à des coûts sanitaires, dont 50 % correspondent aux coûts de mortalité.

Tableau 13 – Valeurs tutélaires recommandées pour les effets amont et aval à la circulation

€2010/100 véh.km	Valeurs tutélaires des émissions atmosphériques des procédés amont
Transport routier	
VP	0,90
Bus	2,83
Deux-roues	0,42
Poids lourds	2,96
VUL	1,14
Transport ferroviaire	
Train passagers élec.	25,64
Train passagers diesel	136,35
Train fret élec.	30,50
Train fret diesel	143,51
Transport aérien	
Avion	58,38
Transport fluvial	
Fluvial	96,61

Source : CAS

Il est à noter que les valeurs recommandées pour les émissions atmosphériques des procédés amont ne tiennent pas compte des effets éventuellement internalisés par une taxe ou des quotas payés par les industriels et qu'il convient bien sûr de les déduire des chiffres précédents. De fait, les raffineries et les centrales thermiques de production d'électricité sont soumises au marché de quotas européens si bien que le coût des émissions du CO_2 émis entre déjà dans le coût généralisé du transport.

Recommandations

- Prendre en compte la valeur des effets amont-aval dans les analyses socioéconomiques *via* l'utilisation des valeurs tutélaires du tableau ci-dessus déduites des effets éventuellement internalisés par une taxe ou toutes autres mesures internalisantes.
- Faire évoluer les valeurs des effets amont-aval comme le PIB par tête.
- Poursuivre les recherches afin de pouvoir disposer de valeurs pour les effets amont et aval plus adaptées, plus complètes et plus précises.

8.3. Ressources rares

8.3.1. Biodiversité

Des connaissances encore insuffisantes pour déterminer des valeurs de référence reconnues pour la biodiversité

La biodiversité recouvre un ensemble de qualités et de caractéristiques complexes, aux contours mal définis et non totalement explorés et qui, en outre, sont très

spécifiques aux situations locales : quoi de commun entre une prairie ordinaire telle qu'on en trouve en Auvergne, un écosystème humide comme ceux qu'on rencontre dans le bassin de la Somme, et la forêt landaise, pour ne prendre que quelques exemples parmi tant d'autres ?

De ce fait, l'attribution d'une valeur économique à la biodiversité se heurte à de nombreuses difficultés. Certes l'idéal serait de disposer de valeurs permettant une prise en compte des multiples atteintes à la biodiversité causées par les infrastructures de transport :

– par leur construction : artificialisation des milieux naturels ou semi-naturels comme des espaces agricoles ; fragmentation accrue des espaces naturels ; en phase de travaux, mouvements de terre favorisant les invasions biologiques ;

– par leur usage : polluants et bruit émis par les véhicules ; polluants contenus dans les produits d'entretien des routes (pesticides, salages, etc.) ; collisions directes avec la faune ou l'entomofaune[1] ;

– par leurs impacts induits, positifs ou négatifs, sur l'utilisation d'espaces naturels à proximité de l'infrastructure : le développement non organisé de l'urbanisation suite à la création d'un axe routier, par exemple, peut produire des impacts beaucoup plus importants sur la biodiversité que les effets directs de l'infrastructure.

De nombreux travaux en France et à l'étranger se sont donné comme objectif de contribuer à estimer la valeur économique de la biodiversité et de ses services écosystémiques. Le rapport Chevassus-au-Louis (2009) marque une étape en faisant un bilan des connaissances scientifiques et en proposant un cadre méthodologique pour estimer la valeur économique de la biodiversité[2]. Parmi les composantes de la valeur économique totale (VET) de la biodiversité, le rapport met l'accent sur les valeurs d'usage de la biodiversité ordinaire. À titre de test méthodologique, les auteurs proposent un calcul des valeurs de quelques services éco-systémiques produits par la biodiversité ordinaire de deux types de milieux (forêts tempérées et prairies permanentes) et dont profite la société.

Les travaux qui ont suivi ce rapport ont cherché à apporter des briques supplémentaires à l'estimation de la VET en y intégrant la valeur de non-usage de la biodiversité par des techniques d'analyse conjointe (notamment CGDD, 2011).

Les valeurs de la biodiversité estimées dans ces rapports sont des valeurs *a minima* ne représentant qu'une partie du champ des services éco-systémiques produits par les écosystèmes en question. Dans l'état actuel des connaissances, ces valeurs sont trop lacunaires et trop peu robustes pour pouvoir être utilisées en tant que telles dans le calcul socioéconomique. Pour les mêmes raisons, elles ne peuvent rendre compte de la valeur totale de la biodiversité.

(1) Partie de la faune constituée par les insectes.
(2) Il est à remarquer que la méthode « Chevassus-au-Louis » est semblable à celle développée dans l'étude internationale TEEB (2008).

Recommandation

Il est recommandé de mobiliser toute l'expertise nécessaire (communauté scientifique, experts, parties prenantes) pour aboutir à des valeurs bénéficiant d'un consensus scientifique et couvrant l'ensemble des écosystèmes susceptibles d'être affectés par des projets d'aménagement. Outre les travaux déjà menés dans le cadre du rapport Chevassus-au-Louis, cette mission devra intégrer les engagements récents pris dans le cadre de la convention sur la diversité biologique et de la stratégie européenne pour la biodiversité, et s'appuiera sur les travaux méthodologiques très actifs actuellement engagés aux niveaux international, européen et national.

Le principe « éviter, réduire et compenser » (ERC) doit être mis en œuvre le plus en amont possible du projet

En attendant la fixation future éventuelle de valeurs de référence reconnues par les diverses parties prenantes de la gestion d'un territoire, le principe de la démarche « éviter, sinon réduire et, enfin, compenser » doit permettre de prendre en compte les objectifs de biodiversité, non en évaluant le coût des réductions de biodiversité entraînés par l'infrastructure, mais en intégrant dans le coût de réalisation les suppléments nécessaires au maintien du niveau antérieur de biodiversité, et en fournissant à chaque stade de l'étude du projet où il apparaît une idée de la précision de sa détermination.

À cette fin, il paraît nécessaire de bien identifier dans les différents stades de concertation avec le public les principales atteintes à la biodiversité qui pourraient résulter de la réalisation du projet tant sur les espèces protégées que sur les habitats et la biodiversité ordinaire.

Deux recommandations sont formulées pour éclairer la mise en œuvre de ce triptyque « éviter, réduire, compenser » lors des études préalables au débat public d'une part, et lors de l'évaluation socioéconomique jointe au dossier de débat public d'autre part.

Recommandations

Le débat public, très à l'amont du processus d'élaboration des projets, vise à déterminer de grandes orientations ou options relatives à la suite de la conduite du projet d'infrastructure. Il est donc recommandé d'élaborer des études préalables qui éclairent effectivement le débat public sur les enjeux majeurs de biodiversité (fragmentation et atteintes aux continuités écologiques, atteintes à des espaces ou espèces remarquables, consommation d'espaces naturels, impacts positifs ou négatifs des conséquences du projet sur l'urbanisme, etc.) et sur leur prise en compte par les différentes options du projet.

Lors de l'évaluation socioéconomique jointe au dossier d'enquête publique, il convient d'intégrer les coûts des mesures « éviter, réduire et compenser » dans les dépenses du projet. Ce coût est estimé par le maître d'ouvrage sur toute la zone d'impact du projet en fonction de la définition des travaux qu'il a réalisés ou qu'il envisage de réaliser et de l'estimation du coût de leur réalisation. Ce montant sera par la suite précisé au fur et à mesure de l'avancement du projet et des décisions rendues.

Par ailleurs, le maître d'ouvrage peut fournir, à titre indicatif, une évaluation des services éco-systémiques, selon des valorisations issues des travaux de la commission Chevassus-au-Louis et des études ultérieures qui auront pu être effectuées sur ce sujet. Il précisera la portée et les limites des services ainsi identifiés et de la valorisation qui leur est attribuée, et mettra en évidence le caractère plus ou moins partiel de la valorisation ainsi présentée.

En complément de ces recommandations, il est fortement conseillé de développer des outils d'aide à la réalisation des études jointes aux dossiers de débat public et d'enquête publique tels que :

– un recensement national et international des coûts et de la performance des mesures ERC mises en œuvre dans les projets passés et en cours ;
– des cartes détaillées et à une échelle la plus fine possible de l'ensemble des enjeux environnementaux présents sur un territoire (espèces et milieux naturels protégés, particularités géologiques, etc.).

8.3.2. Les sols agricoles

La valeur vénale des sols agricoles est bien connue

Outre les statistiques du ministère de l'Agriculture, il existe de très nombreuses analyses de la valeur vénale des sols agricoles en France produites notamment par l'INSEE et l'INRA. On y observe que le marché foncier agricole est globalement pris dans une double dynamique : « Les terres agricoles sont soumises à concurrence, non seulement entre les usages agricoles et ceux liés à l'urbanisation ou au boisement, mais aussi au sein des usages agricoles entre les candidats à l'installation et les agriculteurs installés en recherche d'agrandissement » (Cavalhès *et al.*, 2011)[1].

Le rapport Boisson (2005)[2] estime que :

– les terrains à bâtir sont 17 fois plus chers que les terres et prés agricoles ;
– les espaces de loisirs (hors terrains à bâtir) se vendent 6,7 fois plus cher que la terre agricole.

Il précise en outre que si le prix de la terre a augmenté de 20 % sur la période 2000-2005, celui des terrains à bâtir a progressé de 44 % et celui des espaces de loisirs de 112 %.

Lefebvre et Rouquette (2011)[3] identifient enfin deux grandes tendances pour expliquer le prix des terres agricoles : « dans les régions d'élevage ou de grande cultures, ce sont les variables liées à la rentabilité de l'activité agricole qui priment, tandis que dans celles qui subissent une forte pression démographique, ce sont les facteurs d'attractivité par rapport à l'urbain qui jouent le plus ».

(1) Cavailhès J., Mesrine A. et Rouquette C. (2011), « Le foncier agricole : une ressource sous tensions », *Économie et statistique*, n° 444-445, p. 3-15.
(2) Conseil économique et social (2005), *La maîtrise foncière, clé du développement rural : pour une nouvelle politique foncière*, rapport présenté par Jean-Pierre Boisson, 204 p.
(3) Lefebvre L. et Rouquette C. (2011), « Les prix du foncier agricole sous la pression de l'urbanisation », *Économie et statistique*, n°444-445 – 2011, pp155-180.

Mais la valeur vénale ne rend pas correctement compte de la valeur collective des sols

Comme l'indique la FAO (1999[1]), l'agriculture remplit différentes fonctions pour la société, à savoir :

- une fonction alimentaire : indépendance alimentaire et sécurité alimentaire au sens du Plan d'action du sommet mondial de l'alimentation du 13 novembre 1996 ;
- une fonction écologique : processus de bon fonctionnement de l'écosystème agricole et de production de services écosystémiques ;
- une fonction économique : la fonction économique du foncier agricole va au-delà de la fonction de production primaire (vivrière et autres) et comprend également les impacts potentiels à court, moyen et long termes sur le fonctionnement et la croissance de toute l'économie ;
- une fonction sociale : les zones rurales sont associées à des notions de « culture », de « tradition » et d'« identité » qui sont considérées comme positives et même essentielles.

La multifonctionnalité des sols agricoles fait ainsi référence à de nombreux biens et services qui, en dehors des produits agricoles de base, ne s'échangent pas sur le marché en raison de leurs caractéristiques de biens publics ou d'externalités. Leur analyse a fait l'objet d'une littérature relativement abondante, notamment de l'OCDE au début des années 2000. Mais elle n'a pas donné lieu à des estimations intégrées de la valeur collective des sols agricoles.

Pour une estimation intégrée de la valeur collective des sols agricoles

La valeur collective des terres agricoles doit refléter l'ensemble de ces fonctions, qui se traduisent par :

- le gain de l'agriculteur qui dépend de son chiffre d'affaires généré par la surface agricole (valeur marchande de la production animale et végétale), des coûts de production (coûts fixes et variables de production) et du montant des subventions allouées ;
- qu'il convient de diminuer du montant net des subventions et taxes reçues en provenance des autorités publique ;
- mais auquel il faut ajouter la valeur nette des services et diservices écosystémiques rendus par la surface agricole (externalités positives liées à la biodiversité agricole et externalités négatives dont pollution, érosion, etc.), la valeur nette de la fonction alimentaire (indépendance et sécurité alimentaires au sens d'accès qualitatif et quantitatif à la nourriture), la valeur nette des fonctions socioéconomiques de la surface agricole, et sa valeur d'option ;
- le tout vu d'un point de vue prospectif, intégrant les perspectives de long terme.

Les travaux de recherche sur ces sujets sont nombreux mais dispersés. Ils sont en outre ciblés sur un nombre restreint de paramètres de la valeur collective du sol agricole. Les biens et services marchands sont particulièrement bien connus et

(1) FAO (1999), *Cultivating Our Futures - Multiples fonctions de l'agriculture et des terres : l'analyse*, www.fao.org/docrep/x2777f/X2777F03.htm.

observés en France, grâce notamment au recensement agricole et aux données d'enquête du réseau d'information comptable agricole (RICA). Il n'existe pas, en revanche, de travaux intégrateurs visant à estimer une valeur collective totale des sols agricoles tenant compte de la diversité des biens et services rendus par la surface agricole et de leur évolution dans le temps.

Il serait nécessaire d'engager une réflexion sur la valeur collective des sols agricoles en vue de l'intégrer dans le calcul socioéconomique. Le travail à entreprendre est conséquent et devrait être mené dans le cadre d'une procédure de validation reconnue par un groupe *ad hoc*. Il viserait à estimer la valeur collective totale des surfaces agricoles, et aborderait, notamment, les points suivants :

- les fonctions et services rendus par les sols agricoles ;
- les possibilités de substitution de ces fonctions/services ;
- le taux d'actualisation à prendre en compte ;
- la valeur d'option des surfaces agricoles ;
- le tout développé dans une vision prospective intégrant le long terme.

Recommandations

Engager une réflexion sur la valeur collective des sols agricoles, notamment en vue de l'intégrer dans le calcul socioéconomique. Ce travail conséquent devrait être mené dans le cadre d'une procédure de validation mise en œuvre par un groupe *ad hoc*.

9. La prise en compte du coût des nuisances sonores

Les nuisances sonores peuvent être provoquées par de multiples sources (différents types de véhicules, trains, avions, etc.), d'intensité variable (selon le niveau de trafic par exemple) et leurs impacts potentiels dépendent de la densité de peuplement des zones exposées au bruit.

Il s'agit de disposer d'une méthode opératoire de prise en compte des effets de ces nuisances, en termes de gêne et d'effets sanitaires[1], une fois que toutes les mesures nécessaires ont été prises pour respecter les seuils et dispositions prévus par la loi et le règlement et qui peuvent conduire à des surcoûts.

Méthodologie de mesure du bruit

La mesure des nuisances sonores doit prendre en compte d'une part la sensibilité de l'oreille humaine à des sons de différentes fréquences et d'autre part l'augmentation des nuisances ressenties la nuit et en soirée par rapport à la journée, à niveau de bruit égal. L'indicateur de mesure du bruit retenu est celui du niveau de bruit moyen s'exprimant en dB(A)[1] et dont l'usage est recommandé par la Commission

(1) Il s'agit principalement des troubles du sommeil (dont une partie est déjà prise en compte implicitement dans la gêne) et des maladies cardiovasculaires pour lesquels l'exposition au bruit peut être un des facteurs de déclenchement.

européenne. La formule utilisée affecte un malus de 5 dB(A) aux bruits mesurés en soirée et de 10 dB(A) aux bruits mesurés la nuit :

$$L_{DEN} = 10\log\left(\frac{12}{24}*10^{\frac{LD}{10}} + \frac{4}{24}*10^{\frac{LE+5}{10}} + \frac{8}{24}*10^{\frac{LN+10}{10}}\right)$$

L_D, L_E et L_N correspondent aux niveaux de bruit moyens calculés respectivement pour le jour (7 h-19 h), la soirée (19 h-23 h) et la nuit (23 h-7 h), à deux mètres en amont de la façade la plus exposée.

Valeurs tutélaires dans le cas où l'exposition au bruit des populations est connue : limites de l'approche développée dans le rapport Boiteux II et proposition d'une nouvelle méthodologie, fondée sur les travaux du projet HEATCO (2006)

Le rapport Boiteux II présente une méthodologie de monétarisation des nuisances sonores fondée sur l'analyse de la valeur locative moyenne des logements : la comparaison de deux biens semblables, l'un étant exposé au bruit et l'autre non, permet d'observer, pour différents niveaux de bruit[2], la dépréciation immobilière engendrée par les nuisances sonores. Cette dépréciation rend compte de la disposition à payer moyenne de la population pour éviter de subir un certain niveau de nuisance sonore. Elle est majorée de 30 % de façon normative pour prendre en compte les coûts des effets sur la santé et on en déduit, pour différents niveaux de bruit, le coût des nuisances sonores en pourcentage de la valeur locative par foyer exposé et par an.

La complexité de mise en œuvre de cette méthode dans la pratique et la méthodologie de prise en compte des effets sanitaires peu robustes d'un point de vue théorique conduisent à proposer une nouvelle méthodologie.

Les présents travaux ont pour objectif de proposer de nouvelles valeurs, exprimées en euros par personne exposée et par an, sur la base des travaux du projet HEATCO (2006), repris par l'étude *Handbook of External Costs in the Transport Sector* (CE Delft-INFRAS, 2008) commandée par la Commission européenne, en ce qui concerne la monétarisation de la gêne[3]. Les fonctions exposition-réponse décrivant l'évolution de la morbidité de différentes pathologies associées à l'exposition au bruit rassemblées dans le rapport *Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects* de l'Agence européenne de l'environnement (EEA, 2010), les coûts d'hospitalisation utilisés par le projet HEATCO (2006) et la valeur de la vie humaine recommandée dans ce rapport permettent de monétariser le coût des effets sur la santé des nuisances sonores[4]. Les valeurs tutélaires présentées ci-après résultent de la sommation des coûts de la gêne et des effets sur la santé et sont différenciées par mode, le mode ferroviaire bénéficiant d'un bonus de 5 dB(A) par rapport au mode routier classiquement retenu dans la littérature[5], le mode aérien étant pénalisé d'un facteur 1,5.

(1) Le décibel A (dB(A)) est utilisé pour mesurer les bruits environnementaux. Il constitue une unité du niveau de pression acoustique.
(2) L'indicateur de mesure du niveau de bruit utilisé est différent de celui recommandé par la Commission européenne.
(3) L'ensemble des coûts utilisés, qui correspondent parfois à des moyennes européennes, sont recalés homothétiquement de manière à être exprimés en euros 2010 et à correspondre au cas français.
(4) L'ensemble des coûts utilisés, qui correspondent parfois à des moyennes européennes, sont recalés homothétiquement de manière à être exprimés en euros 2010 et à correspondre au cas français.
(5) À niveau de bruit équivalent la gêne ressentie est supérieure dans le cas d'un axe routier que dans le cas d'un axe ferroviaire étant donné la progressivité de la montée en niveau du bruit dans le cas du passage d'un train par rapport au passage d'un véhicule particulier par exemple.

Tableau 1 – Valeurs du coût des nuisances sonores, exprimées en euros 2010/personne exposée/an

L_{DEN}*	Trafic routier	Trafic ferroviaire	Trafic aérien
50	-	-	-
51	11	-	16
52	21	-	32
53	32	-	49
54	43	-	65
55	54	-	81
56	65	11	98
57	75	21	114
58	86	32	130
59	97	43	146
60	108	54	163
61	119	65	179
62	130	75	196
63	150	86	226
64	167	97	253
65	187	108	283
66	209	119	315
67	233	130	351
68	259	150	390
69	287	167	433
70	317	187	479
71	350	209	528
72	385	233	581
73	422	259	637
74	462	287	698
75	505	317	762
76	550	350	830
77	597	385	902
78	648	422	978
79	701	462	1 059
80	757	505	1 143

(*) Niveau sonore moyen pondéré pour une journée divisée en 12 heures de jour *(day)*, en 4 heures de soirée *(evening)* avec une majoration de 5 dB et en 8 heures de nuit *(night)* avec une majoration de 10 dB. Ces majorations sont représentatives de la gêne ressentie dans ces périodes.

Source : travaux internes sur la base de CE Delft-INFRAS (2008), HEATCO (2006) et EEA (2010)

Remarque : ces valeurs sont proches de celles fournies dans le rapport Boiteux II : l'incrément entre deux niveaux consécutifs de L_{DEN} est compris entre 10 et 58 euros (croissant avec le niveau L_{DEN}) tandis que la méthodologie Boiteux II conduisait à une fourchette de 9 à 34 euros). La comparaison des deux méthodes est détaillée dans le tome 2.

Toutefois, ces valeurs ne peuvent être opératoires que dans le cas où l'exposition des populations au bruit (et le niveau de bruit auquel elles sont exposées) en situation de référence et en situation de projet est connue.

Valeurs dans le cas où seules des données de trafic sont disponibles

Lorsque de telles cartes stratégiques de bruit ne sont pas disponibles mais que les trafics mesurés et prévisionnels sur l'infrastructure le sont, une méthode approchée de prise en compte du coût des nuisances sonores consiste à utiliser des valeurs tutélaires exprimées en euros 2010/véhicule.kilomètre. Le Sétra[1] s'est chargé de calculer de telles valeurs pour le mode routier pour différents types d'infrastructures et dans différentes situations de peuplement, en cohérence avec les valeurs tutélaires exprimées en euros/personne exposée/an présentées plus haut. Ces valeurs correspondent à des coûts moyens et pourront faire l'objet de révisions au fur et à mesure de la poursuite des travaux du Sétra.

Pour le mode ferroviaire, les valeurs recommandées sont celles du rapport *External Costs of Transport – Update Study for 2008* (CE Delft-INFRAS, 2011). Celles-ci correspondent à des coûts marginaux, représentatifs de moyennes européennes et non françaises. Un travail de modélisation du Sétra permettra d'obtenir, de la même manière que pour le mode routier, des valeurs spécifiques du cas français, dans différentes situations de trafic et de peuplement.

Les valeurs du coût des nuisances sonores devront croître temporellement au même rythme que le PIB.

Tableau 2 – Valeurs du coût des nuisances sonores, exprimées en euros 2010/véhicule.kilomètre pour le mode routier

Mode	Type de peuplement	Type d'infrastructure	Nb d'observations	Coût moyen des nuisances sonores en €$_{2010}$/v.km	Écart-type	Minimum	Maximum
Routier	Rural	Autoroute	5	0,9	0,8	0,1	2,1
		Nationale	8	2,0	3,1	0,5	9,8
		Départementale	4	6,8	8,9	2,2	20,2
	Semi-urbain	Autoroute	13	3,0	3,7	0,1	12,8
		Nationale	46	3,5	3	0	13,9
		Départementale	61	6,8	17,9	0	137,7
	Urbain	Autoroute	20	8,3	13,9	1,7	62,4
		Nationale	23	4,7	4,4	0,1	15,3
		Départementale	63	10,9	20,7	0,3	165,4
		Communale	8	28,2	28	5,5	95,2
	Urbain dense	Autoroute	7	15,1	25,9	1,4	73,2
		Nationale	6	7,6	8,4	1	22,9
		Départementale	33	13,6	16,8	1,2	89
		Communale	13	66,6	72,5	9,5	269,9
	Urbain très dense	Autoroute	0	-	-	-	-
		Nationale	0	-	-	-	-
		Départementale	15	30,3	21,3	2,1	87,4
		Communale	25	98,6	73,1	15,1	291,5

Source : travaux du Sétra (cf. tome 2)

(1) Sétra : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.

Tableau 3 – Valeurs du coût des nuisances sonores, exprimées en euros 2010/véhicule.kilomètre pour le mode ferroviaire

Type de véhicule	Période de la journée	Trafic	Urbain	Semi-urbain	Rural
Train de passager	Jour	Dense	0,31	0,014	0,017
		Peu dense	0,61	0,027	0,033
	Nuit		1,02	0,045	0,056
Train de fret	Jour	Dense	0,55	0,027	0,034
		Peu dense	1,3	0,052	0,065
	Nuit		2,2	0,088	0,11

Source : CE Delft-INFRAS, 2011

L'annexe consacrée aux coûts des nuisances sonores présente les conditions et précautions d'utilisation de ces différentes valeurs. Il convient en particulier de noter que ces valeurs correspondent à des situations moyennes d'exposition, ne comportant pas de dispositions spéciales de protection contre le bruit ; elles constituent donc une mesure brute, avant adaptation des dispositions techniques du projet. Si elles aboutissent à des coûts du bruit élevés, il conviendra de rechercher les dispositions techniques permettant de les réduire, et ce sont les niveaux de bruit après mesures correctrices qu'il convient d'intégrer dans l'évaluation socioéconomique, ainsi d'ailleurs que les coûts que nécessite leur mise en œuvre.

Recommandation

Dans le cas où des cartes d'exposition prévisionnelle au bruit des populations existent le groupe recommande dans l'immédiat l'utilisation de la méthode HEATCO et des valeurs tutélaires qui en sont issues.

Bien que non spécifique du cas français cette méthode permet de prendre en compte des niveaux de bruits faibles, plus fortement valorisés qu'avec la méthode Boiteux II. La méthode permet également d'utiliser l'indicateur L_{DEN}, comme recommandé par la Commission européenne. Les effets sur la santé sont également pris en compte grâce à un raisonnement scientifique documenté (bien que de manière non spécifique au cas français).

Recommandation

La méthode reposant sur l'emploi de valeurs en €/v.km ne doit être utilisée qu'en l'absence des cartes d'exposition prévisionnelle au bruit des populations. Cette évaluation qui n'intègre pas les spécificités du projet peut permettre de détecter les situations de forte sensibilité au bruit et être l'occasion de modifier le projet pour en réduire les effets néfastes sur ce plan. Ce n'est alors bien évidemment pas les valeurs moyennes par v.km qu'il faut au final retenir.

Le groupe recommande la poursuite des travaux de modélisation du Sétra, au fur et à mesure de la disponibilité de cartes de bruit stratégiques supplémentaires. Ces travaux pourront viser à : produire des valeurs spécifiquement françaises pour le mode ferroviaire, étudier le cas d'infrastructures en zones très denses, obtenir des coûts marginaux plutôt que moyens.

Recommandation de principe

Il convient, pour les phases amont des projets, de provisionner une estimation du coût des mesures de protection contre le bruit (le cas échéant selon les diverses options de tracé), étant rappelé que celles-ci doivent assurer le respect des obligations réglementaires en matière de bruit.

ENRICHISSEMENT DU CALCUL TRADITIONNEL

L'évaluation socioéconomique (ESE) classique quantifie les bénéfices du projet en s'intéressant aux effets sur les marchés du transport touchés par le projet, et elle s'intéresse au solde global de ces effets. Il a été démontré que cela constitue une mesure correcte des bénéfices pour une économie dans laquelle les prix reflètent les coûts marginaux sociaux, c'est-à-dire une économie sans externalités et en concurrence parfaite et à rendements d'échelle constants. Dans ce cas, l'effet final sur les bénéfices et les coûts peut être différent de ce qu'indique l'ESE, mais les totaux demeurent corrects car le changement dans les coûts de transport est intégralement et exactement reflété dans la variation finale du surplus collectif. Quand des externalités négatives sont présentes, ce qui est souvent le cas dans le domaine du transport, l'approche classique peut être corrigée pour rendre compte de l'influence du projet sur ces effets externes.

Même compte tenu de cette extension depuis longtemps pratiquée, les limites conceptuelles de l'analyse sont claires : tous les marchés ne sont pas en concurrence parfaite, il existe des économies d'échelle au niveau des entreprises, des secteurs d'activité, et des agglomérations, les marchés du travail présentent des imperfections qui peuvent causer du chômage non désiré, etc. Ce qui est moins clair c'est l'importance pratique de ces limites. Devrait-on abandonner cette approche parce qu'elle ignore certains effets qui revêtent une importance majeure en pratique ? Ou peut-on se contenter de prendre alors en compte des effets additionnels à la marge dans les cas où on le pense nécessaire ?

C'est l'objet de l'analyse des mécanismes susceptibles d'altérer la propagation des effets sur les marchés du transport dans l'économie (que ce soit en les amplifiant ou en les atténuant), qui vont être déclinés par thèmes : concurrence imparfaite, effets spatiaux, effets macroéconomiques.

Par ailleurs, l'ESE s'intéresse avant tout à la somme des effets d'un projet, alors que dans la décision publique et dans les concertations la question de la distribution des effets revêt une grande importance. Là aussi existent des pistes d'enrichissement du calcul traditionnel, qui seront abordées en fin de chapitre.

Il s'agit dans cette partie de mieux cerner les enjeux, l'intérêt et la faisabilité de la prise en compte de nouvelles méthodologies ou de nouveaux outils, tout en gardant à l'esprit que, si les méthodologies et outils de l'ESE sont dans une certaine mesure imparfaits, on dispose d'un recul nettement plus grand sur ces derniers que sur les nouveaux domaines qui vont maintenant être explorés.

En particulier, il est précisé que, plutôt que de tenter systématiquement de traiter chacun de ces thèmes pour tout projet, il conviendrait de prendre en compte les caractéristiques du projet à évaluer et de mener une première approche qualitative pour sélectionner quels thèmes seraient, *a priori*, susceptibles de revêtir une certaine importance au titre des effets du projet considéré.

10. Concurrence imparfaite

L'existence de la concurrence imparfaite dans les transports est très largement avérée. L'utilisation conjointe des outils de l'économie industrielle et des modèles de choix discret ainsi que, dans la pratique, les problèmes rencontrés par certains grands projets comme le tunnel sous la Manche, montrent que négliger cette réalité peut conduire à des biais importants dans l'évaluation des projets.

La concurrence imparfaite en aval des transports existe également et a amené le ministère des transports britanniques à introduire un correctif systématique dans les évaluations de ses projets.

L'analyse de la littérature et des informations disponibles sur ces sujets, en référence notamment à la note de Kurt Van Dender et David Meunier « La prise en compte de la transmission imparfaite des changements de coûts de transport dans l'évaluation des projets » *(voir tome 2)*, ainsi que les discussions au sein du sous-groupe, conduisent aux conclusions suivantes, étant précisé que les préconisations portent plus particulièrement (mais pas exclusivement) sur les grands projets.

10.1. Au sein du secteur des transports

La modélisation des effets de concurrence imparfaite dans un cadre de concurrence sur les prix indique que c'est essentiellement sur la répartition des surplus entre clients, opérateurs et gestionnaires d'infrastructures que la concurrence imparfaite va agir, avec un effet également sur le bien-être collectif qui peut s'avérer important dans certains cas, mais qui est en général moindre que les changements dans la répartition. Cette conclusion s'appuie notamment sur la note « Analyse coût-bénéfice dans un contexte de concurrence imparfaite » de Marc Ivaldi et Catherine Muller.

Il conviendrait donc, pour chaque projet important, d'analyser les réactions stratégiques des opérateurs, notamment en termes de reconfiguration d'offre (localisation, segmentation, fréquence, qualité de service,) ou de tarifs (tarif moyen, différenciation, *yield management*, formules tarifaires d'abonnement, etc.) ; cela concerne également l'interrelation entre tarif d'infrastructure et tarif d'opérateur (en particulier pour les projets ferroviaires).

Ces analyses doivent permettre de vérifier la cohérence des hypothèses d'entrée des modèles de trafic, de recaler le cas échéant ces hypothèses sur des bases plus réalistes, et également de préparer les analyses de risques (scénarios, tests de sensibilité, etc.).

Ce point est particulièrement important pour la maîtrise de la qualité des études de trafic, quand la concurrence intra ou intermodale d'un mode autre que la route est en jeu.

Mais on ne dispose pas actuellement de tout le savoir nécessaire pour traiter complétement ces sujets. Il est préconisé de développer les recherches sur les

modèles concurrentiels utilisables pour représenter les comportements stratégiques sur les principaux marchés du transport, ainsi que sur les pratiques de *yield management* et leurs conséquences sur l'évaluation des projets.

10.2. En aval des transports

Les recherches menées sur ce thème mettent en évidence, de façon quasi systématique, un effet multiplicateur positif entre l'avantage initial en gains de transport et sa transmission en aval de la chaîne des acteurs économiques, en raison du pouvoir de marché exercé par certains acteurs ; en effet les études économétriques menées sur les marges relatives observables au sein des divers secteurs de l'économie montrent, au niveau national et international, l'existence de ces pouvoirs de marché ; et il est logique de constater que les améliorations des conditions de transport réduisent en général ces marges par accentuation de la concurrence. Cependant, l'estimation d'un coefficient de correction se heurte à la grande variabilité des résultats obtenus en fonction des modèles concurrentiels adoptés, et, au-delà du calcul théorique, il faudrait tenir compte d'effets de seuil eu égard au poids relatif du coût de transport au sein des coûts de production.

On ne peut donc pas, à ce stade, préconiser un coefficient de correction moyen mais il conviendrait d'effectuer des tests de sensibilité avec un coefficient 1,1 appliqué aux variations des coûts généralisés liés aux activités de production (trajets professionnels, transport de marchandises).

Des travaux visant à analyser les situations concurrentielles sur les principaux secteurs utilisateurs du transport seraient à mener, afin de mieux cerner les mécanismes de transmission des effets sur le marché des transports au sein des autres marchés ; par ailleurs, les recherches relatives aux effets sur le marché de l'emploi seraient à encourager, eu égard notamment aux fortes attentes sur ce thème des parties prenantes aux projets.

Recommandation

Pour chaque projet important, analyser les réactions stratégiques des acteurs en termes de configuration de l'offre : segmentation, fréquence, qualité de services, prix, formules tarifaires et *yield management*.

Effectuer des tests de sensibilité avec un coefficient 1,1 appliqué aux variations des coûts généralisés liés aux activités de production (trajets professionnels, transport de marchandises).

Il serait souhaitable de développer les recherches sur les modèles concurrentiels permettant de représenter les comportements stratégiques des acteurs et leurs conséquences sur l'évaluation des projets.

Des travaux seraient à mener pour analyser les situations concurrentielles sur les principaux secteurs utilisateurs des transports, et pour étudier les effets d'une amélioration des transports sur le fonctionnement du marché du travail.

11. Les effets spatiaux

Les effets spatiaux des infrastructures ne sont pas représentés par le calcul économique usuel, alors que dans certains cas de projets très importants ils peuvent s'avérer significatifs et que pour tous les projets leur description est un sujet d'intérêt pour les décideurs. Pour les appréhender, il faut donc faire appel à d'autres champs de connaissances. Ce qui suit s'appuie principalement sur les récents développements de l'économie géographique relativement aux externalités d'agglomération, objet de la note de Pierre-Philippe Combes et Miren Lafourcade « Revue de la littérature académique quantifiant les effets d'agglomération sur la productivité et l'emploi », et sur ceux des modèles LUTI[1], analysés dans la note de Matthieu de Lapparent « Les modèles occupation du sol-transports comme outils d'évaluation » *(voir tome 2)* ainsi que sur la note de Jean-Claude Prager « Les effets des infrastructures sur la répartition spatiale des populations et des emplois ». Ces textes approfondissent les deux grands piliers de l'économie géographique que sont d'une part les facteurs de localisation des activités liés à l'arbitrage entre rendements croissants et coût de transports, et d'autre part les effets d'agglomération résultant des externalités positives de la proximité des activités. On analysera ces deux aspects en distinguant le cas des infrastructures urbaines et celui des infrastructures interurbaines.

11.1. En agglomération

Les changements de localisation liés aux investissements urbains, peuvent être appréciés soit de manière qualitative, à travers des dires d'experts en économie géographique, soit en utilisant des modèles LUTI. Compte tenu du coût et des délais nécessaires à leur mise en œuvre, ceci ne peut être envisagé que pour de grands investissements urbains ou pour le test de programmes d'ensemble à l'échelle d'une grande agglomération. Il conviendrait alors de préférence de mettre en œuvre plusieurs de ces modèles, compte tenu de leur caractère encore expérimental ; on pourrait ainsi comparer les conclusions de ces modèles et en tirer des fourchettes de résultats utilisés ensuite dans les évaluations socioéconomiques.

Lorsque les modèles LUTI sont utilisés, il convient donc d'assurer leur cohérence avec le modèle de trafic, les principales sorties de chacun d'eux étant de même nature que les principales données d'entrée de l'autre. Les modifications d'implantation spatiale des populations et des activités conditionnent en effet l'ampleur et la distribution spatiale des trafics, et cette implantation spatiale peut, à moyen et long terme, être influencée par la réalisation du projet à évaluer[1]. Le modèle LUTI peut en outre, quand sa conception le permet, fournir des informations non seulement sur la répartition spatiale mais aussi sur la répartition des effets selon les catégories socio-professionnelles. La variété des architectures des modèles LUTI, chacune possédant ses avantages et limites, ne permet pas de préconiser tel ou tel modèle comme étant « plus adéquat » ou « meilleur » qu'un autre et conduit à prévoir des précautions d'emploi et d'interprétation de ces modèles.

En ce qui concerne les effets d'agglomération, les analyses économétriques poussées qui peuvent maintenant être effectuées sur données françaises et à l'étranger convergent vers une fourchette d'estimations de l'élasticité de la productivité à la

(1) Ces effets intéressent non seulement l'évaluation du projet, mais aussi le dimensionnement de l'offre de transport.

densité de l'emploi. Cette fourchette est comprise entre 0,015 et 0,05, comme le montrent les travaux de Miren Lafourcade, en fonction des secteurs concernés par la relocalisation de l'emploi et de leur sensibilité aux effets d'agglomération (industrie ou services) et selon la taille de l'agglomération. Elle peut être considérée comme suffisamment robuste pour être utilisée dans les évaluations socioéconomiques, même si les mécanismes économiques de ce lien entre les infrastructures de transport et la densité restent encore à établir d'une manière solide. Faute de relation systématique établie de façon générale, c'est au niveau de chaque projet qui aura été jugé susceptible de générer des effets sur la densité qu'il conviendra de faire des analyses plus poussées, à l'aide de modèles LUTI ou avec des méthodes *ad hoc*, pour estimer les changements de densité qu'ils vont entraîner. Cela peut concerner en priorité les grands projets, mais aussi des projets de taille intermédiaire concernant des agglomérations qui disposeraient d'un modèle LUTI préalablement développé.

Dans ces cas, il est proposé d'introduire dans le calcul des surplus, là où cela est judicieux, les effets d'agglomération selon une procédure qui pourrait être la suivante.

On évalue d'abord les effets à population/emploi fixés (valeurs du scénario de référence établi pour le projet sur la durée d'évaluation) dans l'agglomération. Il faut en premier lieu estimer les modifications de densité des différentes zones par secteurs (industrie et services). Cela pourrait se faire en comparant les résultats d'au moins deux modèles LUTI. Par ailleurs, une évaluation qualitative des mouvements de population et d'emplois consécutifs à la réalisation de l'investissement pourra être faite à partir des indications contenues dans le tome 2 ; l'ensemble de l'étude et ses résultats devraient avoir été audités par un comité d'experts internationaux indépendants. Si les résultats obtenus sont cohérents, on pourra alors appliquer à ces variations de densité une élasticité. À la suite des travaux de Miren Lafourcade, une valeur de 2 % hors effet de sélection, et 2,4 % dans le cas usuel où l'effet de sélection a déjà opéré (cas des grandes agglomérations), peut être considérée comme une moyenne prudente et raisonnable pour la France, en attendant que des travaux ultérieurs viennent préciser et probablement diversifier ce chiffre. Si l'on tient compte des avantages supplémentaires de ces phénomènes dans le calcul de la VAN, il faudrait alors tenir compte aussi des modifications des coûts urbains qui en résultent, notamment ceux liés aux relocalisations physiques des entreprises et des individus, et, par ailleurs, analyser le différentiel entre les résultats (trafics, surplus détaillés, VAN, etc.) de l'évaluation faite avec l'ESE seule et ceux de l'ESE complétée par les résultats LUTI. À ce titre, il sera nécessaire de mieux préciser le lien entre densification et coûts d'investissement et de fonctionnement des équipements collectifs.

En raison du recul encore faible dont nous disposons sur l'utilisation des modèles LUTI pour l'évaluation de projets de transport, les études prenant en compte ces effets devront être suivies par des comités d'experts indépendants. Avec le développement de la pratique de ces modèles, de nouveaux points d'avancement de l'état de l'art devraient pouvoir être réalisés d'ici quelques années, sur une base plus large que celle qui est actuellement disponible.

Les modifications de localisations et de densité évoquées jusqu'ici demeurent à ce stade internes à l'agglomération étudiée, et consistent en des changements à population et emploi donnés dans l'agglomération. Le paragraphe suivant aborde la question des transferts ou créations d'emplois entre l'agglomération et le reste du territoire. En effet, les changements de densité sont aussi sous la dépendance des mouvements de population et d'emploi entre l'agglomération et le reste du territoire ;

des indications qualitatives sont données sur ce point *(voir tome 2)* et permettent d'encadrer les mouvements possibles, en attendant que des recherches éclairent avec davantage de précision ce sujet fondamental.

Ces informations peuvent permettre d'obtenir une fourchette relative à ces mouvements d'emplois ou de populations. On pourrait à partir de là estimer les changements de productivité liée aux changements de densité induite par ces déplacements, à l'arrivée comme au départ. Il convient aussi de tenir compte des coûts urbains induits (en positif et en négatif), comme pour le paragraphe précédent. Dans le cas où un effet global sur les emplois de l'agglomération serait validé, il serait souhaitable de finaliser le processus par l'emploi de modèles LUTI comme indiqué.

L'ensemble de ces évaluations devrait être soumis à l'avis d'un comité d'experts indépendants.

Compte tenu du caractère novateur de ces démarches et de l'importance des phénomènes qu'elles abordent, il conviendrait d'organiser au plan national un retour d'expérience sur l'utilisation des modèles LUTI, d'engager des analyses comparatives des modèles existants, d'examiner la robustesse et la reproductibilité de leurs résultats, puis de sélectionner un ou des modèles ou une structure de modèle à développer, afin d'aboutir à quelques modèles de référence qui serviront ensuite à l'évaluation des projets importants ou à l'analyse comparative avec le modèle utilisé pour cette évaluation. Pour disposer de modèles plus transparents, on pourrait envisager de favoriser le développement de modèles publics, au moins pour un modèle de référence (à envisager dans les programmes pluriannuels de recherche). Il conviendrait aussi de développer des bases de données adaptées à l'alimentation des modèles LUTI.

Les progrès à faire dans ces directions impliquent aussi de lancer un programme de recherche concernant les déplacements d'emploi et de population entre agglomérations, ou entre zone rurale et agglomération, et les éventuels basculements de comportement liés (notamment en termes de consommation énergétique) ; d'approfondir les analyses économétriques sur les liens entre performance économique des territoires et potentiel économique d'échanges, notamment entre productivité et potentiel marchand accessible (« densité effective »).

11.2. Les investissements intercités

Les investissements intercités ont des effets sur les localisations spatiales des activités, et il est important d'en fournir une évaluation, même en ordre de grandeur, en termes de déplacements de population/emploi.

Cette évaluation serait faite à partir de considérations fondées à la fois sur les enseignements de l'analyse économique *(voir les indications fournies dans le tome 2 à ce sujet)* et sur les constatations pratiques, accompagnées d'avis d'experts et/ou d'analyses quantitatives reposant sur les enseignements de modèles d'équilibre général spatialisés utilisés sur les territoires pertinents pour le projet évalué. Eu égard à la nature des incertitudes sur l'évolution du contexte territorial, il faudra parfois envisager divers schémas d'aménagement du territoire. En l'état actuel des connaissances, ces analyses restent de caractère descriptif et ne sont pas à prendre en compte dans le calcul économique.

Ce thème important et peu défriché mérite un programme de recherche important. Deux voies doivent être poursuivies. On peut envisager soit de procéder à des analyses économétriques des conséquences *ex-post* de la réalisation d'infrastructures, soit d'engager des analyses comparatives des modèles spatiaux intercités existants, d'examiner la robustesse et la reproductibilité de leurs résultats, de sélectionner un ou des modèles ou une structure de modèle à développer, afin d'aboutir à quelques modèles de référence qui serviront ensuite à l'évaluation des projets importants ou à l'analyse comparative avec le modèle utilisé pour cette évaluation.

Des recherches sur la concurrence entre villes seraient à développer en amont, dans le but de mieux comprendre dans quelle mesure et selon quels mécanismes les projets de transport peuvent avoir des effets en la matière. Les villes concernées potentiellement sont celles dont les conditions de liaison par les réseaux de transport seraient modifiées par le projet, mais également les villes « tierces » non directement concernées du point de vue du transport mais économiquement liées aux villes précédentes.

Recommandations

- Il est souhaitable d'évaluer les mouvements de population et d'emplois liés à la réalisation des investissements, à la fois pour les mouvements internes aux agglomérations dans le cas des projets urbains, et pour les mouvements intercités que tout projet entraîne. On dispose pour cela de l'acquis des études statistiques *ex-post* et des modélisations de type LUTI.
- On peut ajouter au surplus des usagers traditionnel les effets des externalités d'agglomération selon les modalités décrites.
- Ces extensions doivent être effectuées de manière contrôlée, avec l'aide d'une expertise extérieure indépendante.
- Un programme de recherche doit être lancé pour comparer les modèles de type LUTI existants, pour développer des modèles spatiaux intercités et pour approfondir notre connaissance des effets des infrastructures en termes d'emploi et de mouvement de populations.

12. Les effets macroéconomiques

Les décideurs et parties prenantes à la décision portent régulièrement beaucoup d'attention aux effets macroéconomiques des investissements ; ils s'interrogent sur les conséquences de l'investissement sur l'emploi, sur l'activité des secteurs d'industrie, sur les finances publiques. L'analyse socioéconomique traditionnelle ne répond guère à ces questions, car elle raisonne en équilibre partiel se focalisant sur le secteur concerné, celui des transports ; elle suppose que l'investissement est marginal, et ne change guère le volume de l'activité économique ; enfin, elle ne détaille pas les conséquences de l'investissement, ne fournissant qu'un chiffre global telle la VAN.

Cette section a pour objet de pallier cette insuffisance à travers les enseignements de la macroéconomie. Elle s'appuie sur l'expertise fournie par Alain Ayong Le Kama dans

sa contribution au tome 2, « L'usage des modèles macroéconomiques dans l'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics ». Nous commençons par illustrer l'intérêt d'avoir recours à des MEG puis revenons sur deux préoccupations, présentes dans le débat public, sur lesquelles les MEG apportent un éclairage documenté et quantifié : les effets des investissements en infrastructure sur la croissance, les effets sur l'emploi.

Modèle de simulation de scénarios et modèles macroéconomiques d'équilibre général (MEG)

Procéder à une construction de scénarios de moyen terme chiffrés requiert l'usage des modèles. On en recense généralement trois grandes catégories.

D'abord, **les modèles « technico-économiques »**, parmi lesquels on retrouve les modèles simples de demande (ou modèles *end-use*), tels que le modèle MEDEE d'Enerdata, et les modèles *input-output,* tels que le modèle DIVA. Ils décrivent les interrelations entre secteurs économiques à partir d'équations linéaires et s'attachent à prévoir les demandes de certains agents à partir de variables exogènes considérées, aux dires d'experts, comme pertinentes. Bénéficiaires de descriptions désagrégées des comportements des agents, ils sont particulièrement adaptés à l'analyse des effets de diffusion des techniques et à celle des impacts des mesures de type réglementaire, mais ne sont pas à même d'évaluer les mesures transitant par les prix.

On a ensuite **les modèles « d'équilibre partiel »**, qui décrivent les offres et les demandes, et donc l'équilibre sur le marché d'un secteur donné (le modèle POLES, par exemple, pour l'énergie). Leur principal avantage est de rendre le prix endogène, comme résultant de la confrontation entre les offres et les demandes du secteur donné. En revanche, les effets macroéconomiques d'ensemble et les substitutions intersectorielles ne sont pas pris en compte.

Enfin, la dernière catégorie est constituée des **modèles « macroéconomiques d'équilibre général » (MEG)**, qui sont ceux qui nous intéressent dans ce chapitre. Ces modèles offrent un cadre de cohérence global macrosectoriel et sont largement utilisés de par le monde pour les évaluations de diverses politiques et mesures ayant potentiellement un impact macroéconomique (les politiques macroéconomiques standards – monétaires, budgétaires et/ou fiscales, certaines politiques sectorielles, etc.). Selon les hypothèses d'ajustements à court terme, on identifie principalement deux grandes familles de MEG : d'une part, les *modèles macroéconométriques*, d'autre part, les *modèles macroéconomiques d'équilibre général calculable ou agrégés (MEGC ou MEGA)*. Chez les premiers, les mécanismes sont construits sur une logique keynésienne à court terme (d'où des ajustements par les quantités, les prix étant supposés fixes, ce qui permet des écarts à l'équilibre) puis un fonctionnement néo-classique à moyen-long terme, permettant un retour à l'équilibre. Chez les seconds, l'utilisation d'une structure walrasienne implique que l'équilibre est assuré à tout moment et que les ajustements se réalisent par les prix. Les MEGC étant davantage « micro-fondés », il est souvent fait le raccourci selon lequel les MEG seraient nécessairement des MEGC, mais c'est omettre la structure d'équilibre général dont bénéficient aussi les modèles macroéconométriques.

12.1. Les apports des modèles

Dans leur diversité, ces modèles possèdent des intérêts communs : ils permettent de prendre en compte plusieurs types d'effets que l'analyse microéconomique en équilibre partiel ignore, alors même que ces effets s'avèrent fondamentaux lorsqu'il s'agit d'étudier l'impact de politiques publiques de grande ampleur.

Ces modèles permettent d'abord de vérifier la vraisemblance et la cohérence des hypothèses macroéconomiques utilisées dans l'analyse coûts-avantages. Les MEG autorisent ainsi de tester la cohérence d'ensemble de ces hypothèses.

Ensuite, de par leur nature d'équilibre général, ils permettent de prendre en compte les interactions intersectorielles. Or, dans le cas de chocs non marginaux, les effets intersectoriels peuvent être significatifs. À titre d'illustration, des politiques d'accroissement de l'offre de transport (par exemple en construisant des lignes TGV) peuvent amplifier la tension sur les marchés industriels permettant de satisfaire l'accroissement de l'offre (par exemple en renchérissant momentanément le prix des matériaux nécessaires à la construction de matériel LGV), ou au contraire venir soutenir l'activité d'un secteur en difficulté.

Enfin, les MEG permettent de rendre compte des dynamiques de court, moyen et long terme, en particulier pour décrire les conséquences de différentes modalités de financement, ce qui est particulièrement intéressant lorsqu'il s'agit de politiques publiques ou de programmes d'investissement. En effet, lors de la mise en place d'une politique publique, les ajustements dans l'économie, qu'ils soient d'ordre micro ou macroéconomique, se réalisent de manière progressive et parfois non triviale. Il est par exemple classique, dans des processus de relance keynésienne, d'observer une augmentation du PIB (et donc, au moins pour une part, de l'emploi) puis, à moyen terme, d'observer un retour vers le sentier de croissance de long terme. Par ailleurs, l'ampleur des déséquilibres de court terme et leurs conséquences sur la croissance, l'emploi, le taux d'intérêt ou encore le taux de change varient selon que les financements publics sont mobilisés grâce à l'augmentation des impôts ou par l'emprunt.

Les modèles macroéconomiques permettent aussi d'estimer les conséquences dynamiques respectives de financements par l'impôt, par l'emprunt, ou encore si l'on diffère le recours aux fonds publics, grâce à des partenariats public-privé (PPP[1]). Par ailleurs, dans des situations de contraintes budgétaires fortes comme celles que connaissent depuis 2008-2009 plusieurs pays de la zone euro, ces modèles permettent, de par leur structure d'équilibre général, de prendre en compte les éventuels effets d'éviction sur d'autres types d'investissements. Si d'autres dépenses structurelles telles que l'éducation et la recherche sont évincées, l'impact sur la croissance de long terme peut être très différent des hypothèses prises dans le raisonnement microéconomique marginaliste.

Actuellement, le principal défi consiste à concevoir des MEG disposant d'une architecture capable de traduire de manière précise la relation entre, d'une part, les avantages socioéconomiques attendus de programmes d'investissement dans un secteur donné et, d'autre part, les chocs macroéconomiques. Dans le cas spécifique de l'énergie, certains modèles existent. En revanche, dans le secteur des transports, la carence est marquée et les exercices qui ont été réalisés jusqu'à présent ont nécessité le recours à des hypothèses très simplificatrices.

Il conviendrait donc de mettre au point un ou plusieurs modèles macroéconomiques d'équilibre général (macroéconométriques et d'équilibre général calculable) adaptés au secteur des transports, à l'instar des modèles qui existent déjà dans le but

(1) La quatrième possibilité, le financement par création monétaire, est volontairement omise à partir du moment où les pays de la zone euro ont légué cette compétence à la Banque centrale européenne.

d'analyser les conséquences des politiques énergétiques ou des politiques de lutte contre le changement climatique (on pense notamment au modèle GEMINI).

12.2. Les effets macroéconomiques des investissements en infrastructure de transport sur la croissance et le développement territorial

La relation entre infrastructures de transport et croissance a commencé à être discutée dès les théories fondatrices d'Adam Smith[1]. Celui-ci prenait l'exemple d'une infrastructure offrant un meilleur accès aux ports afin de discuter, dans le cadre d'un raisonnement microéconomique, du bienfait des échanges économiques. Dans son raisonnement, une infrastructure de transport permet la spécialisation des économies locales, entraînant à son tour des économies d'échelle puis des avantages comparatifs. Par ailleurs, en intensifiant la concurrence, l'infrastructure permet de réduire les rentes et stimule l'innovation, engendrant ainsi la croissance.

L'analyse moderne de la croissance économique tend à en faire le fruit d'une interaction complexe entre différents facteurs qui opèrent de manière simultanée, institutionnels, techniques et économiques. Il reste difficile dans la plupart des cas d'isoler les effets de chacun de ces facteurs et en particulier celui du niveau et de la qualité des infrastructures de transport. Les conclusions de l'étude séminale d'Aschauer qui ont eu pour objectif d'élargir à un cadre macroéconomique l'idée selon laquelle les infrastructures de transport pouvaient agir comme un facteur de production additionnel à ceux du travail et du capital, laissaient entendre un lien causal significatif ; elles ont été fortement nuancées par les recherches récentes, le lien entre niveau des infrastructures et croissance économique s'exerçant dans les deux sens de la relation. En effet, la présence d'infrastructures semble être une condition nécessaire à la poursuite d'échanges économiques, mais pas une condition suffisante. Si la relation entre l'importance des infrastructures de transport et la croissance nationale reste ainsi une conjecture, nombreuses sont les études économétriques mettant en évidence une relation entre infrastructure et croissance des emplois ou du PIB des territoires directement concernés et donc bénéficiaires des gains de croissance et de productivité, parfois au détriment des autres zones dont l'accessibilité n'aura pas ou que faiblement changé *(voir section 11 et note de Jean-Claude Prager sur « Les effets des infrastructures sur la répartition spatiale des populations et des emplois »)*, mais l'existence de ce lien ne saurait fonder à lui seul une relation mécanique.

Pour ces raisons, on observe aujourd'hui que les modèles macroéconomiques d'équilibre général ne représentent pas spécifiquement le stock en infrastructures comme un facteur déterminant de la croissance à long terme. À titre d'exemple, ceux qui ont été utilisés pour estimer l'impact macroéconomique des programmes d'infrastructures, tels que le modèle MÉSANGE, montrent que les conséquences bénéfiques à court terme liées à la construction de l'infrastructure s'estompent très rapidement lorsque la construction est terminée.

Quant au long terme, la théorie indique que les gains de PIB résultant d'une nouvelle infrastructure doivent résulter directement des gains de productivité des entreprises pris en compte dans le calcul économique, auxquels s'ajoutent les dépenses supplémentaires. À l'échelle nationale, il n'existe donc pas à l'heure actuelle de résultats suffisamment robustes pour conclure qu'un investissement supplémentaire en

(1) Adam Smith (1776), *The Wealth of Nations*.

infrastructures a un impact positif sur la croissance en dehors de celui correspondant aux surplus du calcul économique.

À l'échelle locale, il semble en revanche plus aisé d'identifier et de mesurer les effets de projets d'infrastructures sur l'activité économique et le développement territorial. La réalisation d'infrastructures et éventuellement des véhicules qu'elle portera dans le cas des transports ferrés, permet, ne serait-ce que durant la phase de construction, d'accroître l'activité des secteurs impliqués. En revanche, les questions se posent d'une part de savoir si ce surcroît d'activité économique ne se fait pas au détriment d'autres régions et, d'autre part, si ce regain d'activité est pérenne. Dans tous les cas, la commission recommande de favoriser le développement d'analyses différenciées selon l'échelle nationale et l'échelle locale. Ces effets locaux, qui n'assurent nullement d'un effet national et sont éphémères lorsqu'ils concernent la phase de construction de l'infrastructure, peuvent être un élément de jugement du projet en examen, si par exemple ils touchent une poche de chômage ou un secteur en déclin *(voir section 13 sur les effets redistributifs)*. Des modèles tels que le modèle IMPACT permettent de les estimer.

12.3. Les effets macroéconomiques des investissements sur l'emploi

Les considérations sur l'impact macroéconomique des investissements en infrastructures sur l'emploi rejoignent celles faites précédemment sur la croissance. Si, comme on l'a vu plus haut, les études économétriques tout comme les modèles macroéconomiques n'observent pas d'effet durable de ces politiques à l'échelle nationale sur la croissance de l'emploi et de la population[1], en revanche, à l'échelle locale, les projets peuvent avoir des effets allant d'un extrême à l'autre : il est possible – mais pas automatique – que des investissements attirent de la main-d'œuvre extérieure et densifient le marché du travail local, générant donc des externalités d'agglomération. Au contraire, il est aussi envisageable que les infrastructures de transport assèchent une zone d'activité de ses emplois en les déplaçant *(voir section 11)*.

Peut-on intégrer les variations d'emploi dans le surplus collectif ? Comme indiqué dans le tome 2, il est important de bien voir la différence entre le surplus collectif et le PIB. Un supplément d'emploi s'ajoute euro pour euro dans le PIB qui augmente du salaire brut correspondant. Il n'en va pas de même pour ce qui est du surplus. Un résultat simple est que le changement dans l'emploi peut être mesuré par la variation du « coin fiscal » correspondant à l'agent impliqué. C'est cette méthode qui est appliquée dans certaines études anglaises. En raison de la difficulté qu'il y a à mesurer la variation du nombre d'emplois, tant durant la construction d'une infrastructure qu'après sa mise en service, il ne paraît pas possible actuellement de recommander une telle mise en œuvre, même si des études doivent être menées dans

(1) Dans le cas des modèles macroéconométriques, des déséquilibres de court terme sont permis mais à long terme on tend de nouveau vers le taux de chômage « naturel » déterminé soit par la courbe de Phillips (relation entre taux de chômage et taux de croissance de l'inflation) soit, selon la spécification des modèles, vers le taux de chômage d'équilibre résultant de l'équilibre des négociations salariales dans un marché de concurrence imparfaite entre les entreprises. Dans ces deux cas, le taux de chômage à long terme est déterminé par des paramètres structurels de l'économie et ne diminue qu'en cas de chocs de productivité (progrès technique) ou de réformes concurrentielles. Dans le cas des modèles d'équilibre général calculable, il est quasi-systématiquement fait l'hypothèse de plein emploi.

ce sens, tant pour mesurer les effets sur l'emploi que pour évaluer les relations entre PIB et surplus sur ce point.

Recommandations

- Mettre au point un ou plusieurs modèles macroéconomiques adaptés au secteur des transports, à l'instar des modèles qui existent déjà dans le but d'analyser d'autres politiques sectorielles (par exemple GEMINI).
- Concernant l'impact des infrastructures sur la croissance et sur l'emploi, étant donné l'hétérogénéité des observations qu'il est possible de faire selon l'échelle d'étude, développer des analyses différenciées selon l'échelle nationale et l'échelle locale.
- Identifier les effets spécifiques sur l'emploi lorsque les projets ont des conséquences sur les zones de pauvreté, les poches de chômage ou encore dans les secteurs d'activité connaissant des difficultés conjoncturelles.
- Mener des recherches sur l'effet des infrastructures en termes de modification d'emplois et sur la manière d'intégrer ces variations d'emploi dans le calcul des surplus.

13. Les effets redistributifs

Le calcul socioéconomique usuel aboutit à un indicateur global de l'intérêt économique d'un projet tel que la valeur actuelle nette ou le taux de rentabilité interne qui traduit en un chiffre unique l'effet total d'un projet. Mais, se concentrant sur l'efficacité des projets, il ne fait pas apparaître les effets distributifs, il ne fournit aucun renseignement sur qui en pâtit, qui en bénéficie, ni de combien sont lésés les premiers ou sont avantagés les seconds. On somme les avantages et inconvénients des uns et des autres, en cherchant simplement à maximiser la somme algébrique des gains et des pertes ressentis et en supposant la neutralité des transferts entre individus, au choix près de ne pas faire dépendre certaines valeurs tutélaires, comme la valeur de la vie humaine, du revenu alors que les consentements à payer correspondants, eux, en dépendent[1].

Ce principe peut entrer en contradiction avec le souci de redistribution qui se traduit dans de nombreuses décisions publiques : l'aide aux personnes à faible revenu ou en situation de vulnérabilité, la progressivité de la fiscalité, les préoccupations d'égalité des citoyens mises en place dans de nombreux secteurs (santé, éducation, etc.). Les analyses récentes menées par des sociologues (Oppenchaim, 2012, Orfeuil, 2010) et des socioéconomistes (Briant, Lafourcade et Schmutz, 2012, Souche, Mercier et Ovtracht, 2013) montrent également l'influence de l'offre de mobilité sur les conditions de vie et ses effets déségrégationnistes et sociaux, notamment dans les poches de pauvreté. Il ressort de ces travaux l'importance de l'offre de mobilité dans les zones caractérisées par une faible mixité sociale et donc l'intérêt de prendre en compte les effets différenciés de ces infrastructures sur les différentes zones concernées.

(1) Notons que les valeurs du temps recommandées ici dépendent, quant à elles, indirectement du revenu *via* le mode de transport utilisé.

Le calcul économique n'est pas désarmé à l'égard des préoccupations de redistribution : on peut se fonder par exemple sur des fonctions d'utilité collective qui ne sont pas simplement utilitaristes mais qui combinent efficacité et redistribution.

On se limitera ici à une démarche plus modeste, essentiellement descriptive, et qui comporte de nombreuses limites. D'abord, elle porte sur les effets distributifs sociaux ; les effets distributifs territoriaux et leurs conséquences sur les personnes, le point qui nous concerne ici, sont difficiles à analyser. Ensuite, elle laisse de côté les effets distributifs liés à la réalisation et au financement de l'infrastructure, ainsi que ceux résultant des externalités d'environnement. Ensuite, même pour les effets sur les usagers, elle ne constitue qu'une approximation des effets distributifs, que seuls des modèles d'équilibre général spatialisés (modèles LUTI) ou non (modèle d'équilibre général calculable) permettraient d'atteindre. Même ainsi limitée, l'analyse est complexe, comme l'ont montré les travaux de Bonnafous et Masson (2003), de Crozet *et al.*, et plus récemment de Souche, Mercier et Ovtracht (2013).

La méthode proposée vise à évaluer les effets distributifs en rapprochant, zone par zone, le surplus des usagers de la zone de leur revenu moyen.

On présentera successivement les éléments de base intervenant dans ces évaluations, les indicateurs chiffrés qu'on propose d'en tirer et les méthodes cartographiques ; enfin, un dernier paragraphe abordera en quelques mots le problème particulier des zones sensibles.

13.1. Les éléments de base

La méthode opératoire est la suivante : considérons l'aire d'impact d'un projet[1]. Pour chacune des zones i constituant cette aire d'impact, on calcule à la fois le nombre d'usagers n_i, leur surplus moyen s_i et leur revenu moyen y_i. Le surplus total apporté par le projet dans la zone d'impact est donc $\Sigma\, n_i{*}s_i$ et le revenu total des usagers de cette zone d'impact est $\Sigma\, n_i{*}y_i$.

À partir de là, on peut envisager soit des indicateurs chiffrés, soit des descriptions cartographiques.

13.2. Indicateurs chiffrés

Il existe plusieurs indicateurs d'inégalité couramment utilisés, et on sait qu'ils ont chacun leurs avantages et inconvénients et fournissent des résultats parfois divergents : telle action jugée régressive selon tel indicateur pourra avoir, selon un autre, un effet progressif.

L'indicateur proposé, dérivé des considérations développées par Bonnafous et Masson, a le mérite de la simplicité. Il consiste à :

– calculer pour chaque zone i le ratio : $r_i = s_i/y_i$;

(1) On peut la définir par exemple comme l'ensemble des zones du modèle de trafic dont chacune contribue pour une part minimale (1 % ?) au surplus total des usagers procuré par le projet, et qui au total représentent un montant suffisant (90 % ?) du surplus total des usagers, ou encore la définir à partir d'un critère de proximité de l'infrastructure en cause.

– le normaliser en le divisant par le rapport entre le surplus total apporté par le projet dans la zone d'impact Σn_i*s_i et le revenu total des usagers de la zone d'impact Σn_i*y_i.

On peut retrouver cet indicateur à partir d'une fonction d'utilité collective non utilitariste (c'est-à-dire selon laquelle un euro n'a pas la même valeur selon qu'il est attribué à une personne riche ou à une personne pauvre).

La zone pour laquelle le ratio est le plus élevé bénéficie davantage du projet que l'autre, compte tenu des différences de revenu entre ces deux zones.

Pour comparer l'impact redistributif global du projet en cause, on peut former le ratio :

$$R = \Sigma (n_i / (\Sigma n_i) *s_i / y_i) / [\Sigma (n_i*s_i) / \Sigma (n_i*y_i)]$$

On voit facilement que ce ratio est égal à l'unité si la répartition des surplus suit exactement celle des revenus (c'est-à-dire que le projet est neutre quant à l'échelle de la répartition des revenus : le surplus que les usagers de chaque zone retirent du projet est proportionnel à leur revenu). On peut considérer que ce ratio est un indice de redistribution simple à calculer.

On peut également, en suivant toujours les orientations définies par Bonnafous et Masson, étudier la corrélation entre les s_i et les y_i : un projet dont la corrélation est positive n'a pas d'effet redistributif, à l'inverse d'un projet pour lequel la corrélation est négative.

Si ce critère permet la comparaison de deux projets de la même aire d'impact, il ne permet pas de comparer des projets situés dans des zones d'impact différentes : un projet très redistributif dans une aire d'impact riche peut être au total moins redistributif qu'un projet qui se situerait dans une aire pauvre où il serait peu redistributif. Pour comparer alors deux projets situés dans des aires différentes, il faut aussi comparer les revenus moyens des deux aires en cause.

L'ensemble de la méthode appliquée ici à l'analyse des effets distributifs du point de vue des revenus est transposable, *mutatis mutandis*, à une analyse spatiale des effets distributifs. Dans ce cas, la variable d'intérêt n'est plus le revenu mais l'accessibilité de chaque zone. Il est en effet possible d'analyser la distribution territoriale d'un tel indicateur et d'examiner comment évolue la distribution de ses valeurs quand le projet est mis en œuvre (voir par exemple le rapport d'évaluation globale de l'avant-projet de Schéma national des infrastructures de transport).

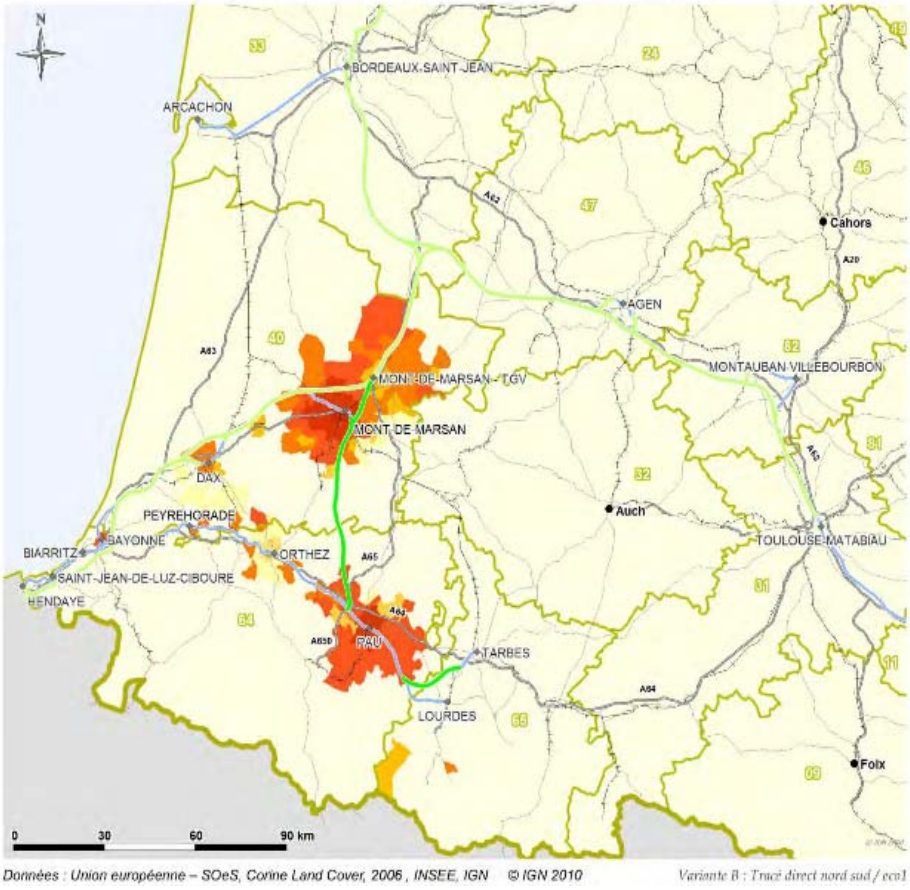
13.3. Méthodes cartographiques

Il s'agit de visualiser les effets distributifs des projets à l'aide de cartes dressant un état des lieux, avant réalisation du projet, de la vulnérabilité des populations. Il peut s'agir de cartes donnant les niveaux de revenu moyen par zone, le niveau d'utilisation du mode véhicule particulier, ou tout autre indicateur pertinent des niveaux de revenus, des catégories socioprofessionnelles ou de la vulnérabilité à des évolutions des prix des différents modes. Ces cartes peuvent ensuite être mises en regard des gains de surplus ou du différentiel d'accessibilité dans une situation avec projet ou sans projet. Ces méthodes ont été développées notamment par Crozet *et al.* (2012) et

par Poulit. Elles permettent de mettre en évidence les gains d'accessibilité par zone ou par usager suite à la réalisation d'une infrastructure de transport.

La carte présentée ci-dessous donne une évaluation de la variation, en valeur absolue, de l'accessibilité par actif, sur l'exemple du projet de desserte ferroviaire du Béarn et de la Bigorre par une ligne à grande vitesse (variante B tracé direct nord-sud).

Évolution de l'accessibilité, par actif (et membres du ménage associé), aux emplois situés à moins de 40 minutes de transport à partir du centre de chaque commune, à l'horizon 2020



Légende : les communes les plus favorisées par le projet sont représentées en rouge foncé. Les communes moins favorisées sont représentées par des couleurs plus claires, jusqu'au jaune pâle.

Source : travaux de Jean Poulit, publiés dans IGN (2011)[1]

Cet outil graphique a vocation à permettre de visualiser de manière qualitative et intuitive la répartition spatiale des gains liés à l'infrastructure, éventuellement, par comparaison avec des cartes fournissant le niveau de revenu (pour la distribution sociale des effets) ou le niveau d'accessibilité (pour la distribution spatiale) d'indicateurs de vulnérabilité.

On peut également envisager une présentation matricielle qui fait en quelque sorte la synthèse entre les analyses chiffrées et les analyses cartographiques, selon une

(1) IGN (2011), Projet de desserte ferroviaire du Béarn et de la Bigorre par une ligne à grande vitesse.

méthode développée simultanément par Jean-Bernard Kovarik et par Aurélien Croq. Pour chaque zone concernée par le projet on peut en effet distinguer quatre cas selon que dans la zone considérée le surplus retiré du projet est inférieur ou supérieur au surplus moyen et le revenu moyen supérieur ou inférieur à la moyenne.

Description d'une analyse matricielle

	Revenu (ou accessibilité) de la zone i inférieur à la moyenne en situation de référence	Revenu (ou accessibilité) de la zone i supérieur à la moyenne en situation de référence
$s_i / (\Sigma(n_i s_i)/\Sigma n_i) > 1$	Cas 1	Cas 2
$s_i / (\Sigma(n_i s_i)/\Sigma n_i) < 1$	Cas 3	Cas 4

Source : travaux internes

Selon que la zone relève de tel ou tel cas, elle sera représentée par une couleur spécifique de ce cas. L'intensité de la teinte de la couleur étant modulée selon la valeur du $\Delta S_i / \Delta S_{moyen}$. Une telle carte va donc au-delà de la méthode précédente sans toutefois introduire de pondération entre les gains des différentes zones.

13.4. Le cas des zones sensibles et poches de pauvreté

Le cas des zones sensibles et des poches de pauvreté mérite une attention particulière, car les dysfonctionnements qu'on y rencontre ne se traduisent pas uniquement par des revenus plus faibles, mais par un enclavement prononcé, et de toute évidence les transports ont un rôle particulier à jouer dans leur transformation. Les études qui ont porté sur ces situations ont montré que le degré d'isolement spatial d'un quartier (y compris en termes d'accès aux transports en commun) pèse sur le succès relatif des politiques de développement qui y sont déployées. Néanmoins, ce sont surtout la tarification et la nature des services qui sont en cause, plus que les infrastructures ; tout au plus peut-on signaler que les transports en commun jouent un rôle plus important que les infrastructures routières en la matière.

Conclusion

Au total on peut recommander que soient mis en œuvre les indicateurs chiffrés et les représentations cartographiques, qui permettent d'éclairer les effets distributifs des choix d'investissement ; la diversité des méthodes doit permettre de s'affranchir des limites de chacune d'elles. Mais la comparaison des effets distributifs de deux projets distincts doit tenir compte du niveau moyen de revenu ou d'accessibilité des zones desservies, par comparaison à la situation nationale. On peut aussi préciser l'analyse en décomposant ces analyses par motifs de déplacements.

Cette approche des effets distributifs sous l'angle spatial reste cependant partielle dans la mesure où peut subsister une hétérogénéité de revenus même au sein de zones relativement étroites et où les choix modaux à origine-destination donnée peuvent avoir des conséquences très différentes en matière distributive (ce que reflète l'hétérogénéité des valeurs du temps en fonction du mode). Cela appelle, au-delà de

l'approche spatiale, à chercher à ventiler les avantages du projet en fonction du niveau de vie des bénéficiaires.

Des travaux approfondis devraient être menés pour mieux éclairer cet aspect des projets d'infrastructure, dont les recherches actuellement disponibles montrent qu'il est complexe, important et trop peu mis en évidence.

Recommandations

- Pour apprécier les effets distributifs d'un projet, on peut utiliser les indicateurs proposés.
- Il serait nécessaire d'approfondir nos connaissances sur ces sujets, notamment sur les effets de la mobilité dans les quartiers sensibles.

Chapitre 3

L'évaluation socioéconomique dans les secteurs autres que le transport

Le secteur des transports est sans aucun doute le secteur au sein duquel la méthodologie d'évaluation socioéconomique est la plus avancée, la plus raffinée. Cependant, d'autres secteurs développent de telles méthodes.

Ce chapitre traite essentiellement de l'énergie, de la santé et de la lutte contre les inondations. Si les travaux présentés ne sont pas aussi aboutis que ceux du secteur des transports, ils ont avant tout vocation à illustrer les avancées récentes en la matière.

1. Le secteur de l'énergie

Longtemps, l'énergie fut le domaine par excellence du calcul socioéconomique. Force est cependant de constater que cette pratique est aujourd'hui en très net recul alors même que les choix liés à la nécessaire réalisation de la transition énergétique portent sur des dizaines, voire des centaines de milliards d'euros. Ces choix exigent donc tout à la fois un certain volontarisme mais aussi une rigueur économique pour que la facture collective soit la moins élevée possible. Puisse le texte qui suit contribuer à cette renaissance du calcul socioéconomique au bénéfice de la collectivité et à la diffusion de sa pratique.

1.1. Le calcul économique, instrument de cohérence indispensable dans un contexte énergétique complexe et incertain

1.1.1. Le développement massif de la production de gaz de schiste aux États-Unis et l'accident nucléaire de Fukushima ont profondément modifié les équilibres énergétiques mondiaux et européens de court terme

Le développement massif à partir de 2008 de la production de gaz de schiste aux États-Unis a rééquilibré la balance commerciale gazière des États-Unis, libérant ainsi

des quantités importantes de GNL[1] sur le marché mondial. Le faible coût de production de ce gaz de schiste dans le contexte propre à ce pays a, en outre, permis de renforcer son poids dans la production d'électricité aux États-Unis au détriment du charbon : d'importantes quantités de charbon se sont trouvées de ce fait disponibles sur le marché international ce qui a fortement orienté son prix à la baisse. Pour des raisons à la fois techniques – faiblesse des capacités de liquéfaction – et de politique industrielle, les exportations de gaz de schiste américain sont restées très limitées. Il y a donc eu création de fait d'un marché régional du gaz bénéficiant d'une ressource locale abondante et peu onéreuse et donc d'un prix de marché très bas déconnecté des prix du marché international.

L'accident nucléaire de Fukushima (11 mars 2011) a eu pour conséquence immédiate l'arrêt d'un nombre important de centrales nucléaires japonaises. Le seul substitut envisageable à court terme étant le recours massif aux centrales à gaz, il en est résulté le déroutement immédiat vers le Japon de cargaisons de GNL initialement destinées aux marchés européens et américains, ce qui n'a pas empêché que se manifestent de très fortes tensions sur les prix. Au cours du premier semestre 2012, le prix de gros du gaz en Asie était de l'ordre de 45 €/MWh, contre 25 €/MWh en Europe et 7 €/MWh aux États-Unis. Le marché mondial du gaz apparaît donc aujourd'hui totalement fragmenté.

L'accident de Fukushima a eu également des répercussions immédiates importantes sur l'avenir de la production nucléaire, elle-même, dans nombre de pays du monde. D'une manière générale, le retour d'expérience de Fukushima a conduit à un réexamen des dispositions en matière de sureté nucléaire (à titre d'exemple, en France les mesures « post-Fukushima » exigées par l'ASN[2] ou, en Chine, l'abandon de projets de centrales « PWR[3] sinisées » au profit de réacteurs de « troisième génération » de type EPR[4]). Au-delà de ces réactions techniques indispensables, l'accident de Fukushima fut, dans certains pays, un élément important d'une remise en cause du rôle du nucléaire dans les politiques énergétiques nationales : arrêt immédiat de sept unités de production nucléaire et annonce de l'accélération de la sortie du nucléaire en Allemagne, annonce d'une politique de diversification du mix de production électrique en France par réduction du poids du nucléaire.

1.1.2. À moyen terme (2020-2025), les facteurs d'incertitude abondent tant en ce qui concerne les fondamentaux des marchés que les politiques énergétiques des différents pays

En fonction de la croissance économique, du contexte géopolitique et de la plus ou moins bonne réussite des politiques de maîtrise de l'énergie engagées dans les différents pays, il n'est pas exclu que se produise une très forte tension sur les marchés pétroliers du fait d'un **manque de capacités de production de pétrole brut** (et non d'un risque d'épuisement des réserves qui resteront abondantes). L'avenir des hydrocarbures non conventionnels est, dans ces conditions, une question majeure. Qu'en sera-t-il en particulier de l'évolution de la production, des coûts et des prix du pétrole et du gaz de schiste aux États-Unis ? De l'ampleur de la politique d'exportation ? Quelles seront les perspectives de mise en exploitation des gaz de

(1) Gaz naturel liquéfié.
(2) Autorité de sûreté nucléaire.
(3) *Pressurized Water Reactor* : réacteur à eau pressurisée.
(4) *European Pressurized Reactor* : réacteur pressurisé européen.

schiste dans d'autres parties du monde, en particulier en Europe ? Quelle irréversibilité des décisions prises dans l'urgence, dans certains pays, en particulier au Japon, en matière de production nucléaire ?

L'incertitude la plus déterminante reste cependant l'émergence d'un consensus mondial sur l'urgence de la mise en œuvre de politiques énergiques de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et l'engagement effectif de ces politiques.

1.1.3. C'est, paradoxalement, dans une vision à long terme que les problématiques énergétiques peuvent être posées le plus clairement

Il est aujourd'hui acquis qu'au moins avec les technologies actuelles, la contrainte climatique interviendra bien avant l'épuisement des ressources en énergies fossiles, ce qui ne règle pas pour autant la question de la disponibilité, tant physique qu'économique, des ressources pendant cette période, notamment en France où la totalité du pétrole est importée. La question dominante à long terme sera celle du changement climatique et donc, en particulier, de la maîtrise des émissions de CO_2 dues aux consommations d'énergie. La poursuite des errements actuels n'est pas soutenable sur la durée. Les données de base d'une indispensable **transition énergétique** sont désormais bien établies :

– la « sobriété énergétique » sera une priorité ;

– sauf à supposer la maîtrise technologique et industrielle de la capture-séquestration du CO_2, à horizon 2040-2050, les énergies fossiles devront être considérées comme des « énergies de transition » dans la majorité de leurs usages actuels, et réduites à la portion congrue dans quelques usages spécifiques où elles s'avéreront irremplaçables ;

– le développement des EnR[1] sous toutes leurs formes s'imposera ;

– le nucléaire, sans prétendre être une panacée, pourra jouer un rôle significatif dès lors qu'il pourra être considéré comme « durable[2] ».

1.1.4. La conduite rationnelle de la transition énergétique reposera nécessairement sur des arbitrages : arbitrages entre raretés économiques et sociales, arbitrages inter-temporels. Le calcul socioéconomique devrait en être un instrument privilégié

En matière de décisions touchant à l'énergie, il y a, comme en beaucoup d'autres domaines, trois temps à considérer qui doivent logiquement s'enchaîner :

– le temps de l'adaptation à équipement constant : si l'essence est plus chère, nos concitoyens renoncent à certains déplacements ou utilisent davantage les transports en commun. Si le prix du charbon importé est avantageux par rapport au gaz, l'exploitant d'un parc de production d'électricité utilisera prioritairement

(1) Énergie renouvelable (par exemple éolien, solaire, hydraulique, géothermie).
(2) L'initiative *Forum International Generation IV* de l'administration américaine a conduit à formuler un cahier des charges pour les réacteurs de quatrième génération, Ainsi, pour être « durable » le nucléaire du futur devra : utiliser aussi complètement que possible la ressource rare que constitue l'uranium naturel à faible coût d'accès ; produire le moins de déchets ultimes possibles ; conforter son acceptation sociale par une performance économique et une sûreté exemplaires.

ses centrales à charbon et réduira sa production à partir de gaz... sauf s'il doit acheter pour ce faire des droits d'émission de CO_2 trop onéreux. Il s'agit ici d'arbitrages de court terme entre des prix instantanés reflétant des raretés, des satisfactions individuelles ou collectives ;

– le temps de l'investissement où l'arbitrage s'exerce entre une dépense immédiate d'investissement qui absorbe une certaine quantité de ressources rares (en matériau de construction notamment) et les avantages que l'on peut en attendre dans différents états du contexte économique et énergétique futur ;

– le temps de la réflexion prospective et stratégique où l'on explore précisément ces « différents états du monde » pour dégager une stratégie de long terme dans laquelle devront s'inscrire les décisions d'investissement immédiates.

Fonder rationnellement ces arbitrages entre ressources rares et ces arbitrages intertemporels est précisément l'ambition du calcul socioéconomique.

1.2. Qui doit (ou devrait) en faire ? pourquoi ? comment ?

1.2.1. Alors même que l'approche planificatrice en matière de politique énergétique n'est plus d'actualité, l'État continue à jouer un rôle déterminant aussi bien dans la formation de la demande que dans la structuration de l'offre d'énergie

S'agissant de la demande d'énergie, les leviers à la disposition de l'État, qu'ils relèvent de la réglementation, de la taxation ou de mécanismes incitatifs, sont nombreux et puissants. Ils peuvent non seulement promouvoir des politiques d'économie d'énergie, mais aussi orienter les arbitrages des acteurs privés entre les différentes énergies. Il faut aussi souligner, en la matière, l'impact indirect, mais décisif dans une vision de long terme, de l'État *via* ses politiques de transport et d'aménagement du territoire.

Du côté de l'offre, sans souci d'exhaustivité, on notera par exemple :

– le rôle que joue l'État dans le secteur électrique : il pilote la politique électronucléaire nationale (engagement des nouvelles unités de production nucléaire, part de la production nucléaire dans le mix électrique français) ; il contrôle, par le biais des tarifs d'achat ou d'appels d'offres, le développement des EnR ; il pèse sur les principales orientations en matière de réseaux de transport et de distribution par l'intermédiaire de la CRE[1] à qui il a délégué la mission de promouvoir l'intérêt général en ces domaines ;

– le rôle qu'a joué et continue à jouer l'État en matière d'approvisionnement pétrolier et gazier (contrats à long terme, stocks de sécurité, hydrocarbures non conventionnels).

À la frontière de l'offre et de la demande, l'État joue aussi un rôle décisif dans l'organisation des marchés de détail (loi Nome), dans la définition des tarifs réglementés (péréquation territoriale par exemple) et lors de la fixation de leur niveau,

(1) Commission de régulation de l'énergie.

met en place des tarifs sociaux ou progressifs. Enfin, il ajoute au prix de l'électricité, *via* la CSPE[1], la conséquence de ses diverses interventions.

L'État, agissant au nom des intérêts de la collectivité nationale, se devrait d'assurer la cohérence socioéconomique de ses actions dans le secteur de l'énergie, comme dans tout autre secteur et d'afficher son cadre de cohérence pour justifier ses interventions dans le secteur concurrentiel. S'agissant de décisions touchant à la maîtrise de risques collectifs dont l'appréciation n'est pas aisée à quantifier, l'État devrait, *a minima,* évaluer les conséquences socioéconomiques des contraintes qu'il impose au libre choix des acteurs concernés et dans un souci de transparence, les soumettre au débat parlementaire.

Le calcul socioéconomique normatif constitue, avec évidence, un instrument privilégié d'évaluation des politiques et des décisions. Or, force est de constater, comme le montre la suite de ce rapport, que les interventions publiques dans le secteur de l'énergie en France ne s'appuient que trop rarement sur la pratique du calcul socioéconomique normatif. De surcroît, lorsqu'il est utilisé, c'est parfois de manière contestable.

1.2.2. Quelques considérations générales sur la pratique du calcul socioéconomique dans le secteur de l'énergie

Dans ses principes, le calcul socioéconomique dans le secteur de l'énergie ne diffère en rien du calcul socioéconomique qui est (ou devrait être) pratiqué dans les autres secteurs de l'économie :

– le recours à un taux d'actualisation pur, ou « sans risque » traduisant la préférence de la collectivité nationale pour le présent. Il est valable pour l'ensemble de l'économie nationale ;

– la possibilité de recourir **pour des classes de décisions homogènes** à des taux d'actualisation tenant compte du risque. Ces taux spécifiques à une classe de décisions peuvent être supérieurs ou inférieurs au taux d'actualisation pur, selon que la corrélation entre les conséquences des décisions prises et le niveau de la « richesse nationale » est positive ou négative. On illustrera ce point ici en considérant d'une part la problématique des investissements d'économie d'énergie, d'autre part les questions touchant l'investissement dans la production électrique.

C'est seulement dans la mise en œuvre pratique de ces principes que les singularités du secteur apparaissent et que quelques particularités des problématiques énergétiques pesant sur la pratique du calcul économique dans ce secteur méritent d'être signalées :

– l'externalité la plus importante intervenant dans le calcul socioéconomique est le coût de la tonne de CO_2. Le marché européen est de peu de secours en la matière : le prix des droits d'émission sur ce marché ne fait que refléter la sévérité de la contrainte que constitue le volume de droits d'émissions mis aux enchères par rapport aux besoins des entreprises concernées par ce marché. Ce volume est totalement tributaire des négociations entre des pays membres qui, dans une situation de crise économique, hésitent à surcharger les coûts de leurs industries

(1) Contribution au service public de l'électricité.

de base soumises à une intense concurrence internationale alors qu'en raison même de cette crise, les objectifs à moyen terme (– 20 % en 2020 par rapport à 1990 au niveau de l'Union) sont en bonne voie d'être tenus. Les prix de la tonne de CO_2 sur le marché européen sont donc aujourd'hui très déprimés (moins de 5 €/tonne). Au demeurant, il s'agit d'un marché de court terme : les prix à terme ne dépassent pas trois ou quatre ans. Force est donc de s'abstraire de ce marché et de définir, comme nous l'avons montré précédemment[1], une valeur tutélaire de la tonne de CO_2 dont le niveau et l'évolution **dans le cadre d'un scénario normatif concernant la croissance économique et les prix des hydrocarbures**, résulte de la tenue de l'objectif « facteur 4 » en 2050 ;

– la durée de vie théorique des équipements est généralement très longue : 40 à 60 ans pour les équipements de production thermique, 60 ans, voire plus, pour les ouvrages hydroélectriques, les lignes électriques, les canalisations de transport et les installations de stockage du gaz, les bâtiments résidentiels et tertiaires[2], les infrastructures routières et ferroviaires[3], etc. Comme l'on ne peut imaginer mener à bien un calcul socioéconomique sur de telles durées, il est usuel de borner les calculs à un horizon plus raisonnable et de tenir compte des années plus lointaines par des « valeurs de fin de jeu » qui supposent, en particulier, l'appréciation des valeurs d'usage résiduelle des équipements dont la durée de vie physique dépassera souvent largement l'horizon de l'étude ;

– cette dernière considération deviendra d'autant plus cruciale que le monde des croissances monotones est révolu. L'habitude que l'on avait naguère de considérer qu'un équipement semblant intéressant à moyen terme sur la base d'un calcul classique d'un « bilan d'anticipation », resterait utile à long terme[4] n'est plus adaptée à un monde où, compte tenu des objectifs à long terme en matière d'émissions de CO_2, des ambitions que suppose l'atteinte de ces objectifs en matière d'économies d'énergies ou de substitutions entre énergies, est aujourd'hui inadaptée. Nombre d'investissements nécessaires à moyen terme risquent d'apparaître sans utilité réelle à long terme et donc comme des « investissements de transition ».

1.2.3. Une classe de décisions qui devraient probablement être évaluées avec un taux d'actualisation « avec risque » inférieur au taux d'actualisation sans risque : les investissements d'économie d'énergie

Soit, par exemple, à évaluer dans le cas d'une maison chauffée au fioul et située dans une zone non desservie par le gaz, l'intérêt d'un « bouquet de travaux » bien pensé améliorant la performance énergétique de ce logement. Il convient de comparer le coût des travaux, hors taxe et hors toute subvention, aux économies actualisées de fioul qu'ils permettent, économies valorisées pour la collectivité sur la base du prix du fioul domestique hors taxes et augmentées de la valeur des émissions de CO_2 sur la base des prix tutélaires de la tonne de CO_2.

(1) Voir chapitre 1, section 9 sur la valeur du carbone.
(2) 75 % des bâtiments existant aujourd'hui devraient être encore présents dans le parc immobilier en 2050.
(3) Rappelons que le secteur des transports est aujourd'hui responsable de 40 % des émissions de CO_2 nationales et doit être considéré comme l'un des acteurs majeurs de la problématique énergétique.
(4) Ce qui permettait de raisonner « en annuités constantes » sur les charges de capital.

En apparence l'évaluation de l'intérêt pour la collectivité de cette opération supposée engagée à une date donnée t_0 ne fait intervenir que la distribution de probabilité du prix du fioul, que l'on peut d'ailleurs résumer dans le cas particulier par son espérance mathématique. C'est une décision marginale qui ne semble pas dépendre de l'évolution de la croissance économique. On serait donc tenté d'utiliser le taux d'actualisation sans risque pour calculer la VAN espérée. Et pourtant, une hausse imprévue du prix du pétrole se traduira à la fois par une baisse de la richesse nationale espérée et par une hausse du bénéfice espéré dans le cadre de l'investissement étudié. Il y a donc une présomption que la covariance entre le PIB et les bénéfices espérés soit négative. Si c'est le cas, il faudrait donc utiliser un taux d'actualisation avec risque inférieur au taux d'actualisation sans risque. On voit bien d'ailleurs que l'on a inutilement compliqué le problème en cherchant à jouer sur le taux d'actualisation alors qu'il suffisait d'ajouter au numérateur une « prime macroéconomique » pour chaque euro de fioul économisé et une « pénalité macroéconomique » symétrique dans le cas d'une consommation. Cette prime de risque unitaire, traduisant la répugnance de la collectivité à voir son approvisionnement en énergie tributaire des fluctuations des prix d'une énergie importée, pourrait être calculée une fois pour toutes et permettrait ensuite de calculer des VAN sur la base du taux d'actualisation sans risque.

Mais le calcul de cette prime reste à faire[1]. En attendant, il paraît raisonnable d'évaluer en calcul socioéconomique normatif, ce type d'opération sur la base d'un taux d'actualisation risqué de 2,5 % correspondant à un bêta nul.

1.2.4. Un cas de covariance positive : la production d'électricité

La simple évaluation des performances physiques (consommations de combustibles, risques de défaillance) d'un système de production d'électricité donnée face à une demande d'électricité connue est un exercice difficile. Par exemple, les situations de défaillance se forment généralement, dans un système électrique bien dimensionné, dans des situations exceptionnelles où se conjuguent plusieurs aléas défavorables : température froide, hydraulicité faible, absence de vent (si le système comporte des éoliennes), indisponibilités fortuites d'équipements de production thermique, etc., et certains de ces aléas sont plus ou moins fortement corrélés entre eux. Il faut également tenir compte de la capacité limitée de stockage des moyens hydrauliques intervenant dans la régulation des aléas (usines de lac et éclusées, stations de transfert d'énergie par pompage) et de l'apport des interconnexions internationales. Pour évaluer l'espérance mathématique des grandeurs intéressantes, il est nécessaire de procéder à la simulation de la gestion du système production-consommation à différents moments de l'année pour un grand nombre de chroniques d'aléas, puis l'on prend la moyenne des résultats obtenus (méthode de Monte-Carlo). Il s'agit donc d'une modélisation lourde et relativement complexe mais qui est la base de toute approche d'évaluation (qu'elle soit socioéconomique normative ou financière) d'une stratégie d'investissement en moyens de production d'électricité.

Un autre point important est la nécessité d'une approche séquentielle des décisions d'investissement. Les délais entre la décision d'engagement et la mise en service industrielle (MSI) d'un équipement de production sont très variables d'un type d'équipement à l'autre : cinq à sept ans, voire plus s'il s'agit d'une tête de série ou d'une création *ex nihilo,* pour un investissement lourd (centrales nucléaires, centrales

(1) La difficulté réside dans la prise en compte de l'effet des « chocs pétroliers ».

à charbon, stations de transfert d'énergie par pompage, modification importante d'un ouvrage hydroélectrique, éoliennes *off shore*) ; deux à cinq ans pour des unités de production standardisées de taille moyenne de type CCG (cycle combiné à gaz), pour des centrales photovoltaïques au sol ou en grande toiture, des éoliennes terrestres, etc., moins de deux ans pour des unités de production légères du type turbine à combustion (TAC). Ce fait complique la tâche du planificateur mais a l'avantage de permettre une correction progressive des erreurs de prévision de la demande et du contexte énergétique aux horizons pour lesquels doivent être prises les décisions d'investissements lourds. En particulier, il est possible de décider, en ultime recours, la construction de turbines à combustion si, compte tenu des dernières informations disponibles, le risque de défaillance à horizon d'un an ou deux devient excessif.

Soit alors un parc de production confronté à une demande C à la date t. Il sera supposé « ajusté », c'est-à-dire que des décisions « de dernière minute » ont permis d'amener son risque de défaillance à un niveau optimal. Son coût moyen économique de production est ainsi égal à :

$$[F + K + \Gamma(C) + \delta D(C)] / C$$

où F représente les charges fixes d'exploitation, K les charges économiques de capital, $\Gamma(C)$ les coûts de combustible associés à la consommation C, δ le coût du kWh défaillant, D(C) l'espérance mathématique de l'énergie non desservie à parc ajusté lorsque la consommation est C. On vérifie aisément que dans le cas d'un système fortement capitalistique tel que le système électrique français, c'est la variation de [F + K] /C qui joue le rôle prépondérant : le prix moyen économique du kWh produit est donc corrélé négativement à la consommation. Cette dernière étant corrélée positivement à court terme au PIB, la covariance du prix de revient économique et du PIB est donc négative.

Ce constat justifie l'usage d'un taux d'actualisation avec risque supérieur au taux d'actualisation pur[1] :

$$a' = a + \beta \Phi = a + \beta \gamma \sigma^2$$

Il reste à estimer le β socioéconomique de la production d'électricité. On propose, à titre conservatoire, de retenir β = 1 (les investissements dans le secteur de la production d'électricité ne seraient ni plus ni moins risqués que la moyenne des investissements dans le reste de l'économie), ce qui conduit à un taux d'actualisation « avec risque » de 2,5 % + (1 x 2) %, soit 4,5 %. Ce n'est évidemment qu'une première approximation qui devrait faire l'objet d'approfondissements.

1.2.5. Quelles utilisations pratiques du calcul socioéconomique dans le secteur de l'énergie ?

Les utilisations pratiques du calcul socioéconomique dans le secteur de l'énergie sont décrites ou suggérées dans les paragraphes qui suivent ainsi que dans le document en annexe du tome 2. S'agissant des décisions d'investissement, on observera que la problématique est sensiblement différente selon que l'on est, au moins théoriquement,

(1) Ce qui n'interdit pas d'utiliser, si besoin est, des primes de risque spécifiques, pour certains des éléments du coût à minimiser.

dans la recherche d'un optimum « libre » ou dans l'évaluation de différentes options politiques.

1.3. Heurs et malheurs des marchés

1.3.1. Les marchés de gros de l'électricité et du gaz ont adopté le modèle standard des marchés de *commodities*

L'instauration de la concurrence dans les secteurs naguère réglementés de l'électricité et du gaz repose sur quatre principes de base :

– séparation, au moins fonctionnelle, des activités de réseau qui relèvent d'une logique de « monopole naturel », des activités qui relèvent d'une logique concurrentielle ;

– ouverture du marché de gros à la clientèle finale, soit directement pour les très grands consommateurs, soit par l'intermédiaire de fournisseurs agrégeant la demande de consommateurs qui, en raison de leur taille, ne trouvent pas intérêt à s'approvisionner directement sur le marché ;

– accès dans des conditions équitables de tous les acteurs du marché aux services des réseaux ;

– mise en place d'autorités de régulation chargées de veiller à ce que la concurrence s'exerce pleinement dans le cadre ainsi défini.

Les marchés de gros du gaz et de l'électricité européens sont donc fondamentalement des marchés décentralisés de contrats bilatéraux[1]. Mais un marché reposant uniquement sur des transactions de gré à gré n'est pas viable en l'état. C'est pourquoi, à l'initiative des acteurs du marché et des gestionnaires de réseau, ont été créées des bourses de l'électricité et du gaz, à l'image des bourses qui servent de référence dans la plupart des marchés de matières premières. Ces bourses se composent :

– de **marchés spot** qui gèrent des transactions de court terme, à l'intérieur de la journée *(intraday)* ou pour le lendemain *(day-ahead)*. Ces transactions se dénouent par des livraisons physiques de kWh aux points de soutirage sur le réseau électrique ou aux points d'échange de gaz (PEG) ;

– de **marchés dérivés** (marchés à termes ou marchés d'options) portant sur des produits standards (blocs de kWh à diverses échéances : la semaine, le mois, les semestres, les années suivantes).

Cette confrontation de l'offre et de la demande dans le cadre formalisé des bourses révèle des **prix de marché** (prix spot et « futures » à différents horizons). Même si les transactions conclues *via* les bourses ne représentent qu'une faible part des transactions du marché de gros, les prix de marché observés sur les bourses constituent une référence incontournable pour l'ensemble des transactions[2].

(1) Par opposition à des marchés centralisés dits de *pool*, adoptés en particulier aux États-Unis et naguère en Grande-Bretagne.
(2) Par exemple, en 2010, 10 670 TWh ont été échangés sur le marché de gros allemand de l'électricité, ce qui représente 17 fois la consommation finale allemande. 6 % seulement l'ont été dans le cadre de la bourse.

1.3.2. La limitation des capacités de transport complique la gestion des marchés et fait apparaître des dénivelés de prix systématiques ou aléatoires entre zones géographiques

Dans le cas des marchés européens du gaz et de l'électricité, ce sont les limites de capacité des ouvrages de transport et d'interconnexion (gazoducs et réseaux électriques à très haute tension) qui, dans certaines configurations de l'offre et de la demande, ne permettent pas de satisfaire en totalité les échanges d'énergie que souhaiteraient les acteurs du marché. Pour surmonter ce type de difficultés sans renoncer à la logique de marché, la solution naturelle consiste à **mettre aux enchères** les capacités de transport potentiellement **congestionnées.** Après une première allocation de ces capacités, un « marché de capacités » permet d'en affiner la répartition par négociation entre acteurs intéressés. Si tout ceci fonctionnait parfaitement, on conçoit aisément que l'on aurait ainsi résolu, par des mécanismes de marché, le problème connu par les électriciens sous le nom de « dispatching économique avec contraintes de transit » consistant à satisfaire une demande d'électricité au moindre coût compte tenu des capacités maximales de transit des différents ouvrages du réseau.

Un tel dispositif est malheureusement très compliqué à mettre en œuvre et a donc peu de chance de conduire à l'optimum souhaité. Fort heureusement, un mécanisme dit de **couplage de marchés** apporte désormais une réponse beaucoup plus satisfaisante à cette problématique d'optimisation sous contrainte : s'appuyant sur une coopération étroite entre gestionnaires de marché et gestionnaires de réseau, il permet de confronter sur une ou plusieurs places boursières l'offre et la demande et d'allouer simultanément et implicitement les capacités d'interconnexion entre les zones. Le couplage des marchés est déjà appliqué dans de vastes zones du réseau interconnecté électrique européen. Selon des modalités tenant compte des spécificités des marchés du gaz, il est en cours d'expérimentation sur le réseau de GRT gaz.

Quelle que soit la qualité de l'optimisation de la gestion d'un système interconnecté, il subsistera toujours des situations où de part et d'autre d'une congestion existent des prix de marché différents. Sauf à supposer des capacités d'interconnexion quasiment infinies et donc excessivement coûteuses, il est normal qu'il en soit ainsi. En revanche, si la fréquence de ces situations et l'ampleur des dénivelés atteignent des niveaux critiques, il y a une forte présomption qu'un renforcement de réseau pourrait être judicieux.

1.3.3. Le marché de gros du gaz est aujourd'hui caractérisé par la coexistence parfois difficile des prix des contrats à moyen-long terme *take or pay* et des prix de court terme révélés par les bourses du gaz européennes

Face à des prix de marché européen de court terme déprimés en raison de la crise économique et du basculement de la production d'électricité du gaz vers le charbon, en particulier en Allemagne, l'indexation sur les prix des produits pétroliers des contrats de moyen-long terme « *take or pay* » apparaissaient beaucoup trop élevés. Dès 2010, de nombreux fournisseurs européens étaient entrés en renégociation de ces contrats afin d'obtenir, par exemple, des indexations marché plus importantes, des durées de contrat plus réduites ou le remplacement des clauses « *take or pay* » par des clauses « *take or release* ».

Il n'en demeure pas moins que les marchés de court terme, qui prennent de plus en plus d'importance au fur et à mesure que se dégagent des excédents gaziers, sont incapables de valoriser la sécurité d'approvisionnement apportée par ces relations contractuelles de plus long terme.

En toute hypothèse, la déconnexion entre les prix sur le marché de gros du gaz européen et le prix des produits pétroliers s'est fortement amplifiée au cours de ces dernières années, mettant en difficulté les importateurs historiques qui ont assumé au travers de ce type d'engagement de long terme le coût de la sécurisation de l'approvisionnement en gaz de pays peu pourvus en ressources propres.

1.3.4. Le marché européen de l'électricité est dès aujourd'hui fortement perturbé par l'introduction massive des EnR électrogènes

Les productions éoliennes et photovoltaïques, bien que de natures très différentes, présentent un certain nombre de caractéristiques communes :

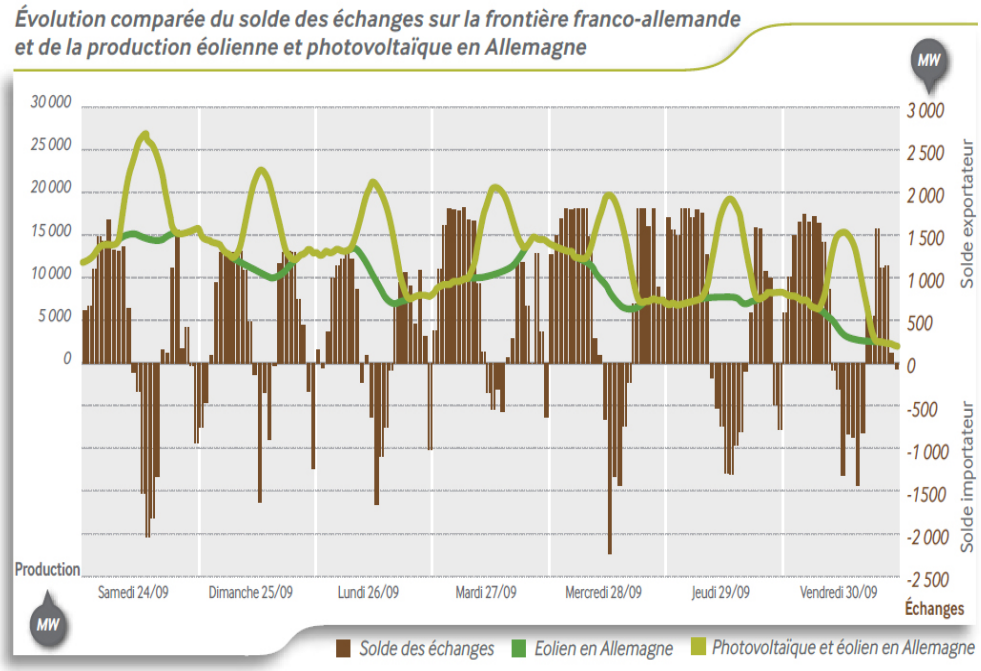
– dès lors que l'investissement est réalisé, le coût marginal de production est pratiquement nul. Il en est de même de son « contenu en CO_2 ». Il est donc normal d'essayer d'utiliser par priorité leur production dès qu'elle est disponible. Or, cette production est « fatale » ou presque en ce sens qu'elle dépend de données météorologiques (vitesse du vent, ensoleillement) sur lesquelles le gestionnaire de réseau n'a pas prise : tout au plus peut-il écrêter la puissance produite s'il la juge excessive (pour des raisons techniques ou économiques) et si le contrat avec le producteur le permet ;

– leur production présente des « variabilités systématiques » accusées. Il y a, en moyenne, plus de vent l'hiver que l'été, ce qui est une bonne chose sous nos climats où la demande électrique est plus forte en hiver ; par contre, le photovoltaïque produit surtout l'été. En outre, bien sûr, dans la journée leur production présente des « variabilités aléatoires » importantes. Les aléas (vitesse des vents, ensoleillement) qui feront s'écarter ces productions de leur valeur horo-saisonnière moyenne sont imprévisibles longtemps à l'avance. Toutefois, grâce aux progrès des prévisions météorologiques, on peut les cerner avec une précision de plus en plus satisfaisante si l'on raisonne à plus court terme, par exemple, le jour J pour le jour J + 1.

L'effet le plus immédiat de la variabilité systématique et aléatoire de ces productions EnR est de provoquer des variations importantes et contrastées des échanges transfrontaliers.

Comme le montre, à titre d'exemple, le diagramme ci-dessous emprunté à RTE[1], l'Allemagne ayant des capacités de production photovoltaïque bien supérieures à la France (plus de 30 GW contre 3,5 GW en 2012), c'est la modulation journalière du photovoltaïque allemand qui provoque mécaniquement les inversions de flux jour-nuit constatées au cours de la semaine de septembre 2012 considérée ici. L'impact est très significatif puisqu'une production photovoltaïque de 12 000 MW se traduit par une inversion des flux entre le jour et la nuit, l'amplitude totale de cette variation étant supérieure à 3 500 MW.

(1) Réseau de transport d'électricité est l'entreprise gestionnaire du réseau de transport national.



Source : RTE Bilan électrique 2012

L'introduction massive de ces EnR électrogènes en Allemagne, conjuguée avec une compétitivité retrouvée de la production d'électricité à partir du charbon, a eu d'importants effets sur le marché électrique allemand : baisse du niveau général des prix en raison de l'injection dans le marché d'importantes quantités d'énergie à coût marginal nul, bouleversement des relativités des prix entre hiver et été, entre le jour et la nuit, très forte variabilité des prix *day-ahead* et *intraday,* apparition de plus en plus fréquente de prix de marchés négatifs, etc.

L'interconnexion France-Allemagne s'est révélée très souvent insuffisante pour supporter les transferts massifs d'énergie qui auraient été nécessaires pour maintenir la parité des prix de marché entre la France et l'Allemagne. L'interconnexion entre les deux pays a été saturée 35 % du temps dans le sens Allemagne vers France. L'écart de prix *day-ahead* entre les deux marchés, éminemment fluctuant, est en moyenne de l'ordre de 3 €/MWh en base comme en pointe et cet écart se retrouve amplifié sur les produits à terme.

Il est clair que l'entrée en service de la nouvelle interconnexion entre la France et l'Espagne, pays où les EnR électrogènes ont un poids relatif dans la production d'électricité au moins aussi important qu'en Allemagne, ne va pas simplifier cette problématique.

On a donc de fortes raisons de penser que, compte tenu des délais de réalisation des ouvrages de transport de l'électricité, les capacités des interconnexions internationales ne permettront pas à moyen terme d'assurer une convergence suffisante des prix de marché sur l'espace européen pour donner réalité au concept séduisant de « marché unique de l'électricité ».

1.3.5. Les prix de marché peuvent-ils orienter correctement des décisions décentralisées d'investissement ?

Cette question est illustrée ici par l'exemple d'un investissement de production d'électricité mais est transposable *mutatis mutandis* à des investissements électriques et gaziers de toute nature. Le préalable à toute évaluation, économique ou financière, d'un investissement est d'apprécier si sa réalisation modifiera ou non significativement les prix du marché dans lequel il s'insérera, autrement dit s'il peut être considéré comme marginal par rapport au marché. Il est clair que la réponse à cette question est directement liée à la taille du marché et à sa liquidité qui conditionnent sa « **résilience** » à différents horizons[1].

Même si l'on se place dans cette hypothèse de marginalité, il subsiste au moins deux difficultés :

– les marchés structurés sont à courte vue et ne produisent pas de *forwards* significatifs au-delà de trois ans. Il faut donc avoir bien conscience que lorsqu'à l'occasion de l'évaluation d'une décision ayant des conséquences à moyen-long terme, l'on évoque les « prix de marché », on se réfère au pronostic que l'on formule sur leur évolution et non sur une réalité observable ;

– ces marchés affichent sans doute assez correctement les coûts marginaux de production dans des situations « normales » où le marché s'équilibre et définit un prix sans difficulté particulière. En revanche, ils sont impuissants à révéler les coûts de défaillance attachés aux situations où les capacités de production et/ou de transport de l'énergie ne permettent pas de satisfaire complètement la demande. Ceci pour deux raisons : d'une part, dans un système bien conçu de telles situations sont très rares et l'échantillon constitué par les situations de défaillance est bien insuffisant pour établir des moyennes significatives. D'autre part et surtout, parce que les gestionnaires de réseau pour des raisons techniques et les gestionnaires de marché par crainte de manipulation des prix de marché, ne souhaiteront jamais laisser monter les prix aux niveaux extrêmement élevés qui seraient représentatifs d'un vrai marché de pénurie. On procédera donc, par exemple, à des coupures sélectives de clientèle dont les coûts pour ceux qui en subissent le préjudice ne seront pas pris en compte par le marché. Il en résulte une sous-estimation systématique par les prix de marché de la valeur à attacher à la **capacité** des divers équipements à contribuer à la sécurisation de la fourniture d'énergie à une clientèle finale de plus en plus sensible à la continuité et à la qualité du service[2].

Calcul socioéconomique normatif et calcul financier

S'agissant des décisions d'exploitation, tous les acteurs privés effectuent des calculs financiers et il est légitime qu'il en soit ainsi. Ils optimisent ainsi leurs décisions sur la base de prix de marchés de court terme : prix des marchés des différentes énergies, prix de marché du CO_2 ou d'autres données de court terme (risques de défaillance à court terme). Bien évidemment, lorsqu'interviennent des décisions mettant en jeu la gestion de stocks (stockages de gaz souterrains, stocks de combustibles solides ou liquides, stocks

(1) C'est ainsi, par exemple, que la fermeture de deux unités de production nucléaire en France pourrait être considérée comme un événement marginal par rapport à un marché européen idéalement intégré. Il est douteux qu'il en soit ainsi par rapport à un marché français trop souvent isolé des marchés européens les plus importants par une saturation des interconnexions.
(2) Voir Adigbli P. et Mahuet A. (2013), « L'impact des énergies intermittentes sur les prix de marché de l'électricité », *Annales des Mines*, n° 69, janvier.

d'eau dans les réservoirs hydroélectriques), raisonner à très court terme n'est plus de mise mais une projection des prix de marché à deux ou trois ans est généralement suffisante (c'est d'ailleurs l'horizon utile des prix à terme sur les bourses de l'énergie). On a déjà relevé que, dans le cas du CO_2 l'écart entre le prix de marché actuel de la tonne de CO_2 et une valeur tutélaire cohérente avec les objectifs à moyen long terme des politiques énergétiques nationale ou européenne est considérable[1].

S'agissant des décisions d'investissement, les écarts entre les décisions résultant du calcul financier et celles qui résulteraient du calcul socioéconomique normatif peuvent avoir différentes causes :

- un taux d'actualisation explicite ou implicite dans les évaluations financières supérieur au taux d'actualisation du calcul socioéconomique normatif. L'écart est quantifiable lorsque, comme c'est généralement le cas, les entreprises calculent une VAN du projet en s'appuyant sur le coût moyen pondéré du capital (WACC). Bouttes, Joudon et Trochet notent que « Des paramètres typiques pour les entreprises du secteur électrique européen situent entre 6 % et 9 % le coût du capital (valeur nominale après impôt), comparable à un taux d'actualisation de 6 % à 10 % valeur réelle avant impôt »[2]. Ce constat laisse une marge d'incertitude significative : si retenir un taux d'actualisation implicite de 6 % au lieu de la valeur recommandée (proche de 5 % pour de nombreux sous-secteurs dans l'énergie) n'a, sans doute, qu'un impact limité sur les décisions, il n'en va certainement pas de même avec un taux de 10 % qui majore fortement le coût du capital ;
- l'utilisation de prix de marché non significatifs. Il en est ainsi par exemple dans le cas du marché de l'électricité, incapable comme on l'a vu de valoriser les capacités. La création d'un marché de capacité européen pourrait pallier partiellement cette insuffisance. Il n'en demeurera pas moins qu'en cette période d'introduction massive et non planifiée des EnR électrogènes dites « intermittentes », les prix de marché de l'électricité resteront difficilement prédictibles ;
- la non-prise en compte dans les évaluations financières des valeurs tutélaires intervenant dans le calcul socioéconomique normatif. S'agissant, en particulier, du coût du CO_2, les acteurs du marché raisonnent, et il n'y a pas lieu de le leur reprocher, sur l'idée qu'ils se font de l'évolution à venir du marché européen dont on a de bonnes raisons de penser que les prix resteront, au moins à moyen terme, nettement en deçà des valeurs envisagées dans le présent rapport.

De tout ceci résulte qu'il ne faut pas espérer des mécanismes de marché qu'ils produisent les résultats souhaitables au regard des objectifs retenus par la France dans le cadre des « 3 x 20 » ni, encore moins, de l'objectif structurant dès le moyen terme que devrait constituer le « facteur 4 ». D'où la nécessité pour l'État par tous les moyens à sa disposition (taxation, subvention, tarifs d'achat, appels d'offres, etc.) de distordre ces mécanismes de marché, sans enfreindre les principes de la concurrence et sans trop nuire à la compétitivité immédiate du pays (c'est là le point le plus délicat !), afin de mener une politique énergétique plaçant la France sur une bonne trajectoire de moyen-long terme.

1.3.6. Vers un « marché de capacité » pour le système électrique européen ?

Comme on vient de le voir, le marché électrique européen n'affiche que très partiellement les coûts supportés par les consommateurs dans les situations de défaillance.

(1) C'est ainsi qu'en 2012, les producteurs d'électricité européens, dont EDF, ont donné priorité aux centrales à charbon par rapport aux centrales à gaz sans avoir à se soucier outre mesure des émissions de CO_2 supplémentaires, compte tenu d'un prix de la tonne de CO_2 sur le marché européen de l'ordre de 5 euros, voire moins.
(2) Bouttes J.-P., Joudon L. et Trochet J.-M., « Prise en compte du risque dans la décision économique : le cas du secteur électrique ».

Il en résulte que les capacités de production indispensables pour maintenir le haut niveau de sécurité exigé par une économie moderne sont insuffisamment rémunérées. De surcroît, ces situations de défaillance survenant aléatoirement et dans des circonstances exceptionnelles, nombre d'investisseurs considèrent que la rémunération des services rendus par un équipement de pointe est trop incertaine pour justifier un investissement de ce type.

Dès lors que le marché ne semble pas en mesure de déclencher les investissements nécessaires à l'obtention d'une limitation du risque de défaillance jugée satisfaisante, une idée naturelle peut être de chercher à contrôler directement la capacité totale du système de production de manière à obtenir le niveau de sécurité du système souhaité.

Pour ce faire, différentes solutions sont concevables et ont été mises en œuvre avec des succès inégaux[1].

Pour ne pas distordre la concurrence entre les différents types de moyens de production, il convient de créditer équitablement chaque équipement d'une capacité de garantie fonction de sa contribution à la sécurité de fourniture du système électrique. Il faut donc exclure *a priori* des mécanismes où l'on confirait au GRT[2] ou à la CRE le soin de procéder à des appels d'offres de moyens de pointe pour compléter une capacité de production nationale jugée insuffisante. Une telle approche, en effet, fausserait totalement les arbitrages économiques entre les différents types d'équipements. Bien que cette option soit prévue par la loi française (« article 8 »)[3], elle ne saurait être utilisée qu'en ultime recours et, en aucun cas, comme une réponse structurelle à la problématique de l'ajustement du bilan prévisionnel production-consommation.

La solution qui semble la plus pertinente aujourd'hui, consiste à exiger de chaque fournisseur qu'il soit en mesure de garantir la sécurité d'alimentation de ses clients. Pour répondre à cette exigence, il devra disposer d'un volume de « garanties de capacité » cohérent avec les caractéristiques de la demande électrique de son portefeuille de clients (courbe de charge, aléas, etc.). Le fournisseur pourra se procurer ces « garanties de capacité », selon des principes tout-à-fait similaires à ceux adoptés pour organiser le marché de gros européen :

– soit par un ou plusieurs accords de gré à gré avec des producteurs d'électricité ou des opérateurs d'effacement dont les capacités de garantie ou d'effacement auront été certifiées ;

– soit sur un marché où les offres et les demandes de « garanties de capacité » pourront être confrontées à différents horizons.

Ce sont ces principes généraux qui ont été retenus dans le décret du 14 décembre 2012 « relatif à la contribution des fournisseurs à la sécurité d'approvisionnement en électricité et portant création d'un mécanisme d'obligation de capacité dans le secteur de l'électricité en France ».

(1) Finon D., Defeuilly C. et Marty F. (2009), « Signaux prix et équilibre de long terme », Larsen Working Pape*r*, n° 25, octobre.
(2) Gestionnaire de réseau de transport.
(3) Loi n° 2000-108 du 10 février 2000 relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité.

Au-delà du traitement de la question aujourd'hui mal résolue du développement optimal des moyens de pointe, un tel marché présente l'avantage de rémunérer de manière suffisante et cohérente les services rendus en termes de sécurité de fourniture par tous les types d'équipements (base, semi-base, pointe, hydroélectricité, EnR). Il en va de même s'agissant de la valorisation des effacements chez les consommateurs.

Il n'y a pas lieu de s'étendre ici sur les difficultés pratiques de mise en œuvre d'un tel dispositif qui résultent en fait, pour une grande part, de questions qui seront largement évoquées plus loin. Quel est le niveau optimal de sécurité d'un système électrique ? Quelle garantie de capacité accorder à un parc éolien ?

Le problème majeur reste cependant qu'il s'agit à ce jour d'une initiative française, anticipant les conclusions éventuelles d'une réflexion communautaire sur ce sujet. Nombre de nos partenaires européens, au premier rang desquels l'Allemagne, ne ressentent pas le besoin d'un tel dispositif, au moins dans l'immédiat[1]. Il est peu probable que cette initiative unilatérale puisse être considérée comme un obstacle à l'achèvement d'un « marché unique européen » de l'électricité qui figure parmi les objectifs prioritaires de l'Union européenne. Néanmoins, la question de l'articulation de ce marché national de capacités avec un marché européen qui n'est pas, nonobstant son suréquipement global actuel, un « marché d'énergie pur » sera délicate. Un dispositif de cette nature ne prendra, de fait, tout son intérêt, que s'il est étendu à l'ensemble du marché électrique européen.

Le développement d'EnR à coût marginal pratiquement nul mais affectées d'une forte variabilité de disponibilité en puissance pousse en ce sens. Il est cependant tout-à-fait possible qu'à plus long terme, si les EnR électrogènes prennent une place prépondérante dans le mix électrique, les marchés de court terme trouvent un intérêt à valoriser d'autres composantes de l'offre (capacités de stockage, vitesse de montée en puissance) ou de la demande (souplesses de modulation).

Recommandation

Engager une étude prospective sur l'évolution des marchés de gros de l'électricité et leurs instruments de régulation dans l'hypothèse d'un développement massif des EnR électrogènes « intermittentes ».

1.4. Développement des réseaux et calcul économique

1.4.1. Aussi bien pour le gaz que pour l'électricité, les problématiques de développement des réseaux nationaux s'inscrivent dans un cadre européen

C'est dans le cadre des associations de gestionnaires de réseau européens (ENTSO-G et ENTSO-E) en dialogue avec l'association des régulateurs européens (CEER) et la Commission européenne qu'ont été progressivement élaborés un certain nombre de

(1) Cette position pourrait, semble-t-il, évoluer assez rapidement outre-Rhin, compte tenu d'une prise de conscience plus exacte des risques attachés en termes de garantie de capacité au développement massif des EnR électrogènes.

principes communs qui ont grandement contribué à l'harmonisation des pratiques en matière d'accès aux réseaux, de tarification de l'usage des réseaux (généralisation de la tarification dite « entrée-sortie »), de gestion des congestions. Toutes ces dispositions dès lors qu'elles faisaient l'objet d'un consensus suffisant ont été entérinées par la Commission européenne dans le cadre de règlements qui leur ont, en quelque sorte, donné « force de loi » sur l'espace européen. La commission y voit, avec satisfaction, des étapes franchies successivement en direction d'un but ultime : la création de marchés uniques européens du gaz et de l'électricité. On a vu précédemment que ces harmonisations et règles communes, au demeurant tout à fait utiles, ne sauraient créer un véritable espace économique européen du gaz ou de l'électricité que si le développement des capacités de transport et d'interconnexion permettaient dans des conditions satisfaisantes la réalisation physique des échanges d'énergie souhaités par les marchés. Ce qui ne va pas de soi.

Quoiqu'il en soit, chacune des énergies a ses problématiques, ses contraintes et dans une certaine mesure, ses modes de raisonnement propres.

Le gaz est pour une grande part une énergie importée, soit par gazoducs pour les transports massifs sur longue distance, soit sous forme de GNL, *via* des terminaux méthaniers. La problématique du développement des réseaux de transport et d'interconnexion intérieurs à l'Union européenne est de permettre une utilisation optimale de ces sources extérieures en termes de sécurité d'approvisionnement et de minimisation des coûts, ce qui passe évidemment par une fluidité suffisante des échanges physiques de gaz au sein de ce réseau. La tentation naturelle des gestionnaires de réseau de transport de gaz est, évidemment, de transposer au plan européen leurs pratiques nationales consistant, le plus souvent, à décider d'un investissement en fonction de sa rentabilité financière compte tenu des besoins du marché. Aujourd'hui, cependant, s'exprime avec l'appui de la Commission européenne une volonté nouvelle de développer une approche coût-bénéfice permettant d'évaluer les investissements au regard de leur intérêt pour la collectivité européenne et dépassant ainsi le seul intérêt financier des gestionnaires de réseau[1]. On ne peut que souhaiter que la réforme en cours de l'organisation des marchés gaziers européens, orientée vers un rôle plus important des mécanismes de marché, conduise toutefois à une utilisation plus large d'une telle approche.

À long terme, la question de l'injection significative de gaz d'origine renouvelable (*biomass to gas*, hydrogène et biométhane) peut faire évoluer substantiellement les problématiques en cause.

S'agissant de l'électricité, les gestionnaires de réseau électrique européens ont identifié les besoins d'échanges qui pourraient se manifester sur les réseaux européens dans les dix prochaines années et les renforcements de réseau qui pourraient être envisagés pour les satisfaire. Restera ensuite à programmer les investissements, ce qui est affaire de calcul économique (les GRT ont développé des méthodes communes à cet égard reposant sur des analyses coûts-bénéfices)… et, surtout, à les réaliser physiquement. Il est à craindre que les renforcements de réseau même les plus judicieux prennent beaucoup de retard par rapport aux nouveaux besoins de capacités de transport et d'interconnexion suscités par le déploiement des EnR sur le terrain.

(1) Entsog 7th Workshop on the European Ten Year Network Development Plan.

1.4.2. Le développement des réseaux de transport de gaz en France relève d'un processus décisionnel centré sur les demandes des acteurs du marché

Il existe, certes, une approche du ministère en charge de l'énergie qui pourrait s'apparenter à une démarche planificatrice d'ensemble. La Direction générale de l'énergie et du climat élabore un « Plan indicatif pluriannuel des investissements dans le secteur du gaz (PIP Gaz) » qui porte un diagnostic sur l'adéquation entre les capacités d'approvisionnement et de transport du gaz naturel et les besoins nationaux. Mais, comme son nom l'indique, ce plan n'est qu'indicatif. De surcroît, il ne s'appuie pas sur des évaluations socioéconomiques des investissements associés aux axes prioritaires qu'il retient :

– nouvelles chaînes portuaires de regazéification, qui multiplient les possibilités d'ajustement entre l'offre et la demande, et raccordement de ces terminaux au réseau ;

– sécurisation et fluidification du réseau principal de transport par gazoducs, en liaison avec les pays voisins ; plus de 5 milliards d'euros d'investissements sont ainsi envisagés pour les deux transporteurs (GRT Gaz et TIGF) ;

– poursuite du développement du potentiel de stockage souterrain.

En pratique, les décisions d'investissement se prennent dans le cadre d'un dialogue assez complexe entre le régulateur et les investisseurs, parfois élargi, à titre consultatif, à d'autres acteurs *(voir encadré)*.

Un exemple de décision difficile et à fort enjeu :
le renforcement de l'interconnexion entre les zones Nord et Sud de la France

La consommation française est répartie pour un tiers en zone Nord et pour deux tiers en zone Sud. On a observé durant les quatre dernières années une saturation de l'interconnexion Nord-Sud en raison d'un différentiel important de coût d'approvisionnement des deux zones. Cette situation nuisait avec évidence à l'efficience du marché du gaz français et pénalisait les consommateurs de la zone Sud.

Le renforcement des capacités de transport entre les zones Nord et Sud apparaissait donc comme un enjeu important au plan national. Ce renforcement s'inscrivait également dans une problématique européenne, la fluidité des échanges allant dans le sens d'une meilleure intégration des réseaux nationaux dans le réseau interconnecté européen.

Le coût estimé de cette opération était cependant de l'ordre du milliard d'euros et son intérêt semblait subordonné d'une part à la pérennité de l'écart de prix entre le gaz livré dans la zone Nord par gazoduc et le prix du GNL livré dans la zone Sud, d'autre part aux perspectives de développement des consommations de gaz dans les deux zones. Il y avait donc de multiples interférences avec des questions touchant à la politique énergétique nationale. Considérant qu'*in fine,* ce serait les utilisateurs à divers titres du réseau de transport de gaz qui auraient à financer, à travers les tarifs d'acheminement, les investissements en cause, le régulateur décida d'organiser une consultation publique qui permit aux acteurs intéressés (représentants des consommateurs industriels et particuliers, transporteurs, fournisseurs) d'exprimer leur point de vue. Cette consultation fut un préalable à la décision de réaliser les gazoducs Eridan et Bourgogne, dont les procédures sont actuellement en cours d'instruction.

Les plans d'investissement décennaux des gestionnaires de réseau doivent être approuvés par la CRE qui dispose de deux leviers pour encadrer ou infléchir leur politique d'investissement :

– en règle générale, la CRE exige que les gestionnaires de réseau disposent pour les projets les plus importants de dix années de réservation de capacité à des niveaux de prix permettant de couvrir les charges annuelles de capital et les dépenses d'exploitation des ouvrages en cause[1] ;

– elle peut aussi encourager certains investissements en bonifiant durant une période plus ou moins longue la rémunération des actifs correspondants lors de la fixation du niveau des tarifs d'accès aux réseaux.

Des dispositions similaires s'appliquent aux projets de terminaux méthaniers et aux installations de stockage dès lors qu'elles s'intègrent dans le système régulé c'est-à-dire acceptent les règles de création et d'allocation des nouvelles capacités établies par la CRE. Les promoteurs de ces projets peuvent aussi décider de rester hors système régulé et demander une exemption d'accès des tiers à leur infrastructure.

S'agissant de la rémunération des actifs prise en compte dans la fixation des tarifs d'accès au réseau, elle est fondée sur le coût moyen pondéré du capital (CMPC), à structure financière normative. Le niveau de rémunération de l'opérateur doit, en effet, d'une part, lui permettre de financer les charges d'intérêt sur sa dette et, d'autre part, lui apporter une rentabilité des fonds propres comparable à celle qu'il pourrait obtenir, par ailleurs, pour des investissements comportant des niveaux de risque comparables. Ce coût des fonds propres (6 % réel avant impôts) est estimé sur la base de la méthodologie dite du « modèle d'évaluation des actifs financiers » (MEDAF).

Dans tous les cas, l'appréciation de l'intérêt intrinsèque des projets d'investissements et de la valeur qui s'y attache au titre de leur contribution à certains objectifs nationaux et européens, est laissée soit aux acteurs du marché par le biais de réservations de capacité, soit à l'expertise du régulateur et ne repose pas sur une évaluation socioéconomique.

Il semblerait normal qu'au moment où s'engagent des travaux de fond au plan européen pour redonner vigueur aux analyses coûts-avantages dans l'évaluation des politiques de développement des infrastructures gazières, une démarche similaire s'engage en France pour donner au calcul économique normatif la place qui devrait être la sienne dans l'évaluation des politiques nationales de développement des infrastructures gazières.

Recommandation

Appuyer la démarche entreprise au niveau européen de mise en œuvre d'analyses coûts-avantages dans l'évaluation, au regard de l'intérêt général, des politiques de développement des infrastructures gazières. Examiner la possibilité de mettre en œuvre ce type d'évaluation dans le cadre des réseaux de transport de gaz en France.

(1) Il peut y avoir des exceptions pour des projets présentant un intérêt stratégique. C'est ainsi que pour le projet d'interconnexion France-Espagne, l'exigence de réservation de capacité est réduite à 70 %.

1.4.3. Les décisions de développement des réseaux de transport d'électricité s'appuient largement sur le calcul économique

En fait, la pratique de RTE, gestionnaire unique du réseau de transport français d'électricité, s'inscrit pour l'essentiel, dans le prolongement des logiques économiques qui présidaient naguère à la planification des réseaux dans l'entreprise intégrée EDF.

Mais le contexte a substantiellement changé :

– le dialogue entre RTE et la CRE joue désormais un rôle essentiel. RTE, en situation de monopole de droit, doit se comporter comme une entreprise « normale », soucieuse de l'équilibre de ses comptes, de son endettement, de la rentabilité de ses investissements, alors que ses recettes dépendent directement des tarifs d'accès au réseau de transport déterminés par la CRE. La cohérence de ce dispositif repose sur une disposition formelle prévue par la loi : les dépenses d'investissement de RTE doivent être approuvées par le régulateur. Mais le fondement de cette approbation est la cohérence du taux d'actualisation utilisé par RTE dans ses choix d'investissement (5,5 % à monnaie constante) et la rémunération des actifs immobilisés dans le calcul du tarif d'accès au réseau. Il existe cependant des cas où le régulateur considère, à juste titre, que les calculs menés par RTE dans une logique d'entreprise ne conduisent pas à une maximisation du surplus collectif. D'où des dispositions de régulation incitatives *(voir encadré suivant)* ;

– la déréglementation du système électrique national interdit la poursuite d'une relation privilégiée avec le producteur dominant EDF ;

– la multiplication de productions dites « intermittentes » (éolien, photovoltaïque) réparties sur le territoire complique singulièrement la problématique de la compensation des déséquilibres locaux entre production et consommation que doit précisément pallier le développement du réseau de transport et d'interconnexion national ;

– comme on l'a vu précédemment, le développement des interconnexions internationales jouera un rôle décisif dans la faisabilité et l'économie des systèmes électriques européens. Plus encore que par le passé, le développement des interconnexions transfrontalières et le renforcement du réseau national qu'elles impliquent, joueront un rôle structurant dans le développement des réseaux de transport ;

– les délais croissants de réalisation des ouvrages de transport et, dans certains cas, les surcoûts très importants consentis pour assurer leur acceptabilité par l'opinion publique, compliquent de plus en plus la mise en œuvre sur le terrain des décisions d'investissement et ne sont pas sans avoir des implications en termes même de méthodologie de la planification des réseaux.

Un exemple de régulation incitative

Les particularités des projets d'interconnexion ont conduit la CRE à soumettre à consultation publique en juin 2012 un cadre de régulation visant à inciter financièrement le gestionnaire de réseau de transport au développement des interconnexions électriques.

La régulation incitative soumise à consultation publique en juin 2012 vise à :

- stimuler la réalisation des projets d'interconnexion les plus utiles ;
- encourager le gestionnaire de réseau à mener à bien les investissements dans les meilleures conditions de coûts et de délais ;
- inciter le gestionnaire de réseau à la bonne exploitation de l'ouvrage d'interconnexion nouvellement créé, en particulier en matière de capacité mise à disposition du marché.

Le critère sous-jacent utilisé dans les calculs des incitations est le surplus social généré par les flux d'énergie aux frontières, net des coûts d'investissements.

Quoi qu'il en soit, RTE :

- élabore, compte tenu de la très longue durée de vie des ouvrages de transport (70-80 ans, voire plus), des visions à long terme, sur la base de scénarios contrastées concernant la demande et la production d'électricité, des évolutions possibles des besoins de transport et d'interconnexion des systèmes électriques français et européens ;
- publie des schémas directeurs à vingt ans, puis dix ans du réseau national et des projets d'interconnexion envisagés. À cette dernière échelle de temps, ce sont essentiellement les déséquilibres régionaux entre production et consommation et les flux prévisibles d'exportations et d'importations qui permettent d'anticiper l'intérêt probable de renforcements du réseau national ;
- une analyse coût-bénéfice, sur la base du taux d'actualisation de 5,5 % évoqué plus haut, permet de préciser ensuite la consistance et la date optimale de mise en service de chaque projet. Interviennent dans ce calcul le coût des pertes, le coût des congestions évitées, l'amélioration de la qualité du service mesurée par le biais de la réduction de l'espérance mathématique de l'énergie non distribuée, valorisée par un « coût unitaire de la défaillance » que RTE s'est efforcé de cerner aussi objectivement que possible, comme on le verra plus loin. Pour mener ces études, RTE a besoin d'un certain nombre de données externes : scénarios d'évolution de la demande électrique, des capacités de production, des prix des combustibles, du prix du CO_2 et hypothèses sur les prix des marchés étrangers à nos frontières. En règle générale, il semble que l'incertitude sur ces données de base pèse plus sur le calendrier optimal de mise en service d'un ouvrage que sur l'opportunité de sa réalisation « tôt ou tard », ce qui renforce l'intérêt du calcul en « bilan d'anticipation ».

1.4.4. Les investissements en réseau de distribution du gaz sont déterminés sur la base d'évaluations essentiellement financières

À la différence des pratiques antérieures à la transposition en droit français de la directive relative à l'organisation du secteur gazier européen qui valorisaient les investissements en réseau sur l'ensemble de la chaîne de valeur gazière (achat, transport, distribution, ventes), l'évaluation de l'intérêt des investissements en cause repose désormais sur un périmètre réduit à la seule activité de distribution. Le critère retenu est celui d'un bilan actualisé positif, le périmètre des dépenses et des recettes incluses dans le calcul, ainsi que les principaux paramètres du calcul étant précisés par la loi (la période de calcul de référence maximale est de trente ans et le taux d'actualisation retenu ne peut excéder 8 %). Il s'agit d'une évaluation essentiellement financière. À noter qu'une part importante des investissements de GRDF est consacrée

au raccordement de nouveaux consommateurs aux ossatures de distribution existantes d'une part, à la mise à niveau et au renouvellement de réseaux existants.

1.4.5. Les décisions d'investissements en réseaux de distribution s'appuient largement sur le calcul économique mais une bonne partie de ces investissements doit être considérée comme « fatale »

Les investissements d'ERDF, qu'il s'agisse de renouvellement des infrastructures ou de leur développement, s'inscrivent dans une politique indispensable d'amélioration de la qualité d'alimentation des consommateurs. Mais, simultanément, il appartient à ERDF d'assurer l'intégration dans le système électrique d'un volume de plus en plus important de productions éoliennes et photovoltaïques dont l'implantation n'a que peu de rapport avec la localisation géographique des consommations. De surcroît, la variabilité aléatoire et parfois brutale de ces productions en fonction des conditions météorologiques locales pose des problèmes difficiles à la fois techniques et en termes de conception des réseaux, générateurs de coûts d'investissement importants qu'il faut, bien sûr, optimiser, mais sur l'origine desquels le gestionnaire de réseau n'a pas de prise.

Si l'intégration des EnR électrogènes passe presque inévitablement par un renforcement des réseaux, ERDF dispose, en matière de qualité de service, de toute une panoplie de solutions : maintenance curative, préventive, prolongation de la durée de vie, renforcement, renouvellement des réseaux existants.

Le choix de la solution à retenir et son optimisation reposent, en principe, sur la recherche d'un optimum technico-économique minimisant la somme actualisée (sur la base d'un taux d'actualisation de 8 %) des dépenses du distributeur (investissement, maintenance, achat des pertes) et du coût des imperfections de la qualité de service pour la clientèle. En pratique, bien sûr, on ne fait pas un calcul aussi compliqué pour la multitude des petites décisions que doit prendre, au jour le jour, l'exploitant. L'élaboration de prescriptions techniques, de doctrines en matière de maintenance, de renouvellement et de renforcements des réseaux existants, calées sur des études technico-économiques qui en ont validé la portée générale, suffisent à traiter correctement un grand nombre de décisions répétitives. En revanche, certaines décisions lourdes et structurantes telles que le schéma directeur des postes source d'une région ou l'optimisation des artères principales des réseaux à moyenne tension, justifient des études technico-économiques précises.

S'agissant de la prise en compte des externalités dans le calcul économique, seule la qualité du service est valorisée explicitement *(voir encadré)*. Les autres externalités sont prises en compte indirectement par le biais des surcoûts imposés par les contraintes réglementaires, voire par les dispositions nécessaires à l'acceptation d'un projet par les publics concernés. On notera enfin que le coût des pertes est établi sur la base de prix de marché, n'incluant donc pas de valeur tutélaire du CO_2.

La valeur de l'énergie non distribuée

L'évaluation des préjudices subis par la clientèle du fait des imperfections de la qualité du service dues au réseau de distribution est une question complexe. ERDF a finalement retenu un nombre limité de paramètres pertinents :

– les kW de puissance souscrite coupés (quelle que soit la durée de la coupure) ;

- les kWh d'énergie non distribuée dans le cas d'une coupure isolée ;
- les kWh d'énergie non distribuée sur incident technique de grande ampleur ;
- le nombre de clients non réalimentés dans un délai de cinq jours après un événement climatique exceptionnel.

Au total, une formule binôme semble appropriée pour intégrer le coût d'une coupure dans les calculs économiques : 0,8 €/kW coupé, 9,2 €/kWh non desservi pour une énergie non desservie totale inférieure à 30 MWh, 20 €/kWh au-delà de ce seuil. Ces valeurs sont, selon ERDF, cohérentes avec les valeurs retenues par la CRE dans le cadre de son dispositif de régulation incitative à l'amélioration de la qualité de service.

1.5. Évaluations économiques concernant le parc de production électrique

1.5.1. Compte tenu des délais de réalisation très différents des équipements de production, les décisions concernant le parc de production électrique revêtent naturellement un caractère séquentiel

Entre la décision d'investir et la mise en service industrielle (MSI) d'un équipement de production, il s'écoule :

- cinq à sept ans, voire plus s'il s'agit d'une tête de série ou d'une création *ex nihilo*, pour un investissement lourd : centrales nucléaires, centrales à charbon, stations de transfert d'énergie par pompage (STEP), modification importante d'un ouvrage hydroélectrique, éoliennes o*ff shore ;*
- deux à cinq ans pour des unités de production standardisées de taille moyenne de type CCG (cycle combiné à gaz), pour des centrales photovoltaïques au sol ou en grande toiture, des éoliennes terrestres[1] ;
- moins de deux ans pour des unités de production légères du type turbines à combustion (TAC).

Un moyen important permettant d'ajuster l'offre d'électricité de la demande est le déclassement des équipements existants qui comporte deux variantes : la fermeture définitive ou la « mise sous cocon[2] » qui laisse la possibilité de réactiver l'unité de production en cas de besoin.

Les décisions s'enchaînent donc et chaque décision doit tenir compte des décisions prises antérieurement et de l'information disponible (conjoncture économique, prix des combustibles, évolution de la demande d'électricité, prix du marché de gros de l'électricité, prix de marché du CO_2, aléas divers, etc.) au moment où elle doit être prise. Même à l'époque où la planification des investissements de production d'électricité relevait d'une démarche centralisée d'optimisation économique, le caractère séquentiel des décisions dans un contexte fortement aléatoire, voire incertain, compliquait singulièrement la tâche du « modélisateur », même si, du point de vue du décideur, il avait l'avantage de permettre un certain rattrapage des erreurs de prévision : il est beaucoup plus facile dans le cadre de l'« ajustement » ultime des

(1) Dans ces derniers cas, les délais réglementaires peuvent être plus importants que la durée des travaux proprement dits.
(2) La mise sous cocon, elle-même, comporte différents niveaux impliquant différents délais de réactivation.

programmes de prévoir deux ou trois ans à l'avance la demande d'électricité que sept ans à l'avance.

Aujourd'hui, la situation est plus complexe :

– l'État contrôle, par le biais des tarifs d'achat ou d'appels d'offres, le développement des EnR électrogènes (éoliennes, photovoltaïque, thermique renouvelable décentralisé) ;

– l'État pilote la politique électronucléaire nationale : engagement des nouvelles unités de production nucléaire, part de la production nucléaire dans le mix électrique français ;

– les autres décisions d'investissement (STEP, évolution du parc de production hydroélectrique, moyens de « semi-base » tels que les cycles combinés à gaz, équipements de pointe) relèvent de l'économie de marché dont on a vu l'impuissance, dans le cadre de ses mécanismes actuels, à délivrer des signaux pertinents pour orienter les décisions d'investissement. La création de marchés de capacité devrait améliorer la situation sans pour autant résoudre tous les problèmes.

Il est clair que l'État et les producteurs d'électricité ne peuvent pas prendre les décisions qui leur incombent sans un éclairage à court, moyen et long terme sur les évolutions possibles de la demande d'électricité et du mix de production qui y répondra. D'où le très grand intérêt des travaux de RTE sur les « bilans prévisionnels de l'équilibre offre-demande d'électricité en France » à différents horizons. S'agissant du court terme pour l'investissement, c'est-à-dire du temps de construction d'un équipement de pointe du type turbine à combustion ou de sortie du « cocon » d'une vieille centrale retirée de l'exploitation, il est du rôle de RTE de tirer le « signal d'alarme » si le risque de défaillance du système électrique dénote une sous-capacité globale qu'il est encore temps de corriger *(voir paragraphes suivants)*. S'agissant du long terme, RTE produit, pour l'année 2030 dans sa dernière publication[1], un jeu de scénarios concernant le mix électrique dont chacun a sa cohérence mais qu'il n'est pas dans la mission de RTE de chiffrer économiquement.

1.5.2. Le critère actuel de dimensionnement du parc de production et sa cohérence économique avec les évaluations directes des coûts de défaillance

Le critère actuellement retenu est que l'espérance mathématique de la durée annuelle durant laquelle le parc de production électrique français est en situation de défaillance ne doit pas excéder trois heures, le secours par les interconnexions internationales étant supposé nul.

Les charges fixes annuelles d'une turbine à combustion permettant d'ajuster la capacité du parc de production à ce critère étant de l'ordre de 32 €/kW[2], sur la base d'un taux d'actualisation **sans risque** de 3 %, et le dernier kW de TAC installé permettant d'économiser 3 kWh de défaillance, le coût de défaillance implicite associé à ce critère est de 32/3 = 11 €/kWh environ.

(1) RTE (2013), *Bilan électrique 2012*.
(2) Hypothèses : coût d'investissement, 630 €/kW ; durée de vie ; 30 ans, taux d'actualisation, 3 %.

Au-delà de ce calcul simplissime, trois remarques :

– les situations de défaillance se forment généralement, dans un système électrique bien dimensionné, dans des situations exceptionnelles où se conjuguent plusieurs aléas défavorables : température froide, hydraulicité faible, absence de vent (si le système comporte des éoliennes), indisponibilités fortuites d'équipements de production thermique, etc., et certains de ces aléas sont plus ou moins corrélés entre eux. Pour évaluer l'espérance mathématique du temps de défaillance du système électrique, on procède à la simulation de l'équilibre production-consommation à différents moments de l'année pour un grand nombre de chroniques d'aléas, puis l'on prend la moyenne des résultats obtenus. Il s'agit donc d'une modélisation lourde et relativement complexe ;

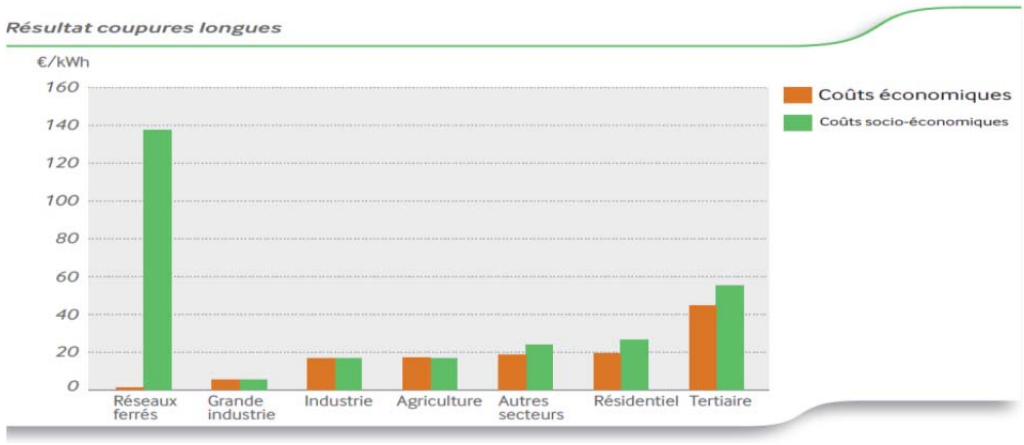
– ce coût de défaillance implicite n'est pas incohérent avec les coûts des préjudices subis par les consommateurs, en cas de coupure longue. Ce coût est évalué directement sur base d'enquêtes chez les clients, par RTE pour ses besoins de planification de réseaux[1] ;

– le point le plus critique reste cependant l'absence de prise en compte des secours apportés par les interconnexions internationales dont l'une des fonctions principales est d'assurer des secours mutuels entre les systèmes nationaux qu'elles interconnectent. Il est donc permis de suspecter qu'il y a là une marge importante de sécurité et que les risques réels de défaillance sont bien inférieurs à ceux évalués par cette modélisation. Ce à quoi l'exploitant répondra que l'analyse des rares cas de blackout observés montre qu'au voisinage de la défaillance ou en situation de défaillance, il existe des phénomènes aggravants (problèmes de stabilité, congestions de réseau, etc.) qui contrebalancent cette marge de sécurité. On ne tranchera pas[2].

Une évaluation directe du coût socioéconomique des coupures d'électricité

Afin de mieux fonder ses études de développement des réseaux de transport d'électricité, RTE a procédé à une enquête auprès d'un échantillon de près de 1 600 clients, représentatifs de tous les consommateurs d'électricité en France : particuliers, industriels et établissements tertiaires et agricoles. L'analyse des conséquences des coupures d'électricité permet de distinguer deux types de coûts : les coûts économiques, qui sont associés aux dommages subis directement par les consommateurs et aisément monétarisés, et les coûts sociétaux, qui concernent les dommages causés à des tiers du fait de la coupure de courant, ainsi que les préjudices non monétarisés subis par les consommateurs d'électricité. Le préjudice subi du fait d'une coupure d'alimentation dépend de sa durée. Le coût économique d'une coupure de courant supérieure à trois minutes (coupures longues) s'élève en France, en moyenne, à 26 €/kWh (34 €/ kWh en moyenne pour les entreprises, 19 €/kWh en moyenne pour les ménages).

(1) Ce coût implicite est plutôt dans le bas de la fourchette observée : en cas de pénurie nationale, on ne commencerait pas par couper les clients les plus sensibles.
(2) On a aussi pu faire valoir qu'en cas de défaillance massive, le préjudice ressenti par la collectivité était supérieur à la somme des préjudices subis individuellement par les différents consommateurs du fait des coupures, ce qui rendrait certains « panoramas de défaillance » très difficilement admissibles par la collectivité nationale.



Source : RTT

1.5.3. Une évolution du critère de dimensionnement s'avérera indispensable compte tenu du développement des EnR dites « intermittentes » et des capacités d'interconnexion

Le problème central que soulève l'insertion des productions éolienne et photovoltaïque dans le système électrique est la compensation de leur grande variabilité systématique ou aléatoire. À cette fin, différents moyens de régulation peuvent intervenir :

– les échanges transfrontaliers qui permettent de gérer certaines variations plus ou moins systématiques de grande ampleur[1] et d'assurer un certain « foisonnement » des aléas sur des zones géographiques plus vastes ;

– l'utilisation des réservoirs hydroélectriques (usines de lac ou d'éclusées gravitaires, stations de transfert d'énergie par pompage) ;

– la gestion de la demande d'électricité : il existe des applications de l'électricité, telles que le chauffage de l'eau ou, dans une certaine mesure, des locaux, dont les consommations peuvent être déplacées à l'intérieur de la journée sans inconvénient significatif pour l'utilisateur ;

– appel à des moyens de production thermique (centrales à flamme classiques, cycles combinés à gaz, turbines à combustion, voire nucléaire) avec la contrainte de ne pas leur imposer de variations de production trop brutales.

C'est la simulation de la gestion optimale de cet ensemble de moyens de régulation face aux aléas affectant tant la consommation que la production qu'il s'agit de répéter un grand nombre de fois pour estimer les risques de défaillance.

Il est clair que dans ce contexte, les échanges transfrontaliers doivent eux aussi être simulés puisqu'ils constituent un élément très important de la régulation. Ceci suppose une modélisation des équilibres production-consommation à nos frontières, des aléas qui les affectent et de leurs corrélations avec nos propres aléas.

Quant au critère permettant de juger de l'adéquation globale du système de production à la demande à horizon de deux ans, rien n'interdirait de raisonner, comme c'est le

(1) Voir par exemple le graphique de la section 1.3.4.

cas aujourd'hui, à partir de la réduction de l'énergie non distribuée procurée par la turbine à combustion ou la « sortie de cocon » marginale.

Mais une telle modélisation constitue aussi la brique de base nécessaire à l'évaluation d'une politique d'investissement. Elle permet également d'évaluer à une date donnée l'intérêt marginal d'un renforcement des différentes capacités de régulation disponibles : augmentation des capacités des différentes interconnexions, augmentation des puissances installées dans les usines hydroélectriques à réservoir existantes, développement de nouvelles installations de transfert d'énergie par pompage, accroissement du volume de consommation sous contrôle.

Recommandations

- Amplifier l'action pédagogique sur l'intérêt et la pratique du calcul socioéconomique normatif pour fonder les politiques et décisions publiques dans le secteur de l'énergie : signification du taux d'actualisation avec ou sans risque, importance des dérives de prix, prise en compte des externalités et valeurs tutélaires.

- Procéder beaucoup plus fréquemment à des évaluations économiques *ex-post* de décisions prises tant au niveau communautaire que national.

- Engager une étude prospective sur l'évolution des marchés de gros de l'électricité et leurs instruments de régulation dans l'hypothèse d'un développement massif des EnR électrogènes « intermittentes ».

- Appuyer la démarche entreprise au niveau européen de mise en œuvre d'analyses coûts-avantages dans l'évaluation, au regard de l'intérêt général, des politiques de développement des infrastructures gazières. Examiner la possibilité de mettre en œuvre ce type d'évaluation dans le cadre des réseaux de transport de gaz en France.

- Mener les études nécessaires à la définition d'un nouveau critère de dimensionnement du parc de production électrique français, compte tenu du développement des EnR « intermittentes » et du renforcement concomitant des interconnexions internationales.

- Redonner toute son importance à l'établissement de coûts de référence de la production électrique. Élucider en particulier le cas du nucléaire existant (signification en calcul socioéconomique et scénarios d'évolution du prix de l'ARENH[1]) et celui du nucléaire en développement (EPR).

- Évaluer économiquement les mix électriques étudiés par RTE à horizon 2030, leur impact sur le prix de l'électricité et leurs effets macroéconomiques.

(1) ARENH : accès régulé à l'électricité nucléaire historique.

2. Le domaine des inondations

2.1. Introduction

Le risque d'inondation est le risque naturel prépondérant en France métropolitaine : près d'une commune sur deux y est exposée, à des degrés divers[1]. On estime aujourd'hui à 17,1 millions le nombre d'habitants exposés à un risque d'inondation par débordement de cours d'eau et 1,4 million le nombre d'habitants exposés au risque de submersion marine. Plus de 9 millions d'emplois seraient exposés aux débordements de cours d'eau et plus de 850 000 emplois exposés aux submersions marines[2]. Le tableau ci-après recense, de façon non exhaustive, des inondations ayant eu lieu entre 1900 et 2010. Il met en lumière les impacts économiques et humains considérables que peuvent avoir ces catastrophes.

Si les inondations relèvent avant tout de phénomènes naturels (essentiellement les crues des cours d'eau), elles peuvent également avoir des causes humaines, notamment par le biais des aménagements (débordements d'ouvrages artificiels tels que les digues et barrages) et de l'occupation des sols (imperméabilisation des sols augmentant le ruissellement), voire du réchauffement climatique.

Le facteur humain a donc une influence sur les causes des inondations, mais également sur leurs conséquences. En effet, les comportements humains peuvent faire évoluer les impacts de façon positive (mesures structurelles et non structurelles de prévention des inondations) et négative (constructions en zone inondable, etc.). Le risque inondation est ainsi défini comme la combinaison d'un aléa inondation et d'une vulnérabilité spécifique du territoire exposé (présence d'enjeux économiques, sociaux, environnementaux et culturels).

La gestion du risque inondation relève à la fois de l'État, des collectivités locales, des gestionnaires d'infrastructures, et des citoyens. Deux types de mesures sont à leur disposition, pour minimiser le risque inondation :

– des mesures structurelles : ce sont des mesures techniques de protection contre les crues, essentiellement des ouvrages de protection hydraulique ou de ralentissement des écoulements tels que les digues, barrages, remblais, aménagements des bassins, etc. ;

– des mesures non structurelles : ce sont essentiellement des mesures de prévention, telles que la surveillance, la prévision des crues, l'amélioration de la connaissance et de la conscience du risque, etc.

Afin d'évaluer la pertinence pour la collectivité des projets envisagés dans le cadre de ces mesures, une analyse socioéconomique peut s'avérer utile, en apportant un éclairage supplémentaire à ceux techniques et financiers. Elle permet de mettre en regard les bénéfices du projet (dommages évités) et ses coûts (investissement, maintenance, entretien, etc.) – y compris externes – lorsqu'il est possible de les évaluer physiquement et de leur donner une valeur monétaire.

(1) Source : SOeS, MEDDE.
(2) Source : MEDDE (2012), *Première évaluation nationale des risques d'inondation. Principaux résultats - EPRI 2011*, juillet.

En France, le recours à l'analyse coûts-bénéfices dans le domaine des inondations est très récent. La méthodologie actuelle constitue donc une première étape qui sera amenée à évoluer et à s'enrichir afin d'intégrer au mieux tous les impacts d'un projet sur la collectivité.

Impacts d'inondations entre 1900 et 2010 (liste non exhaustive)

Année	Événement et localisation	Dégâts	Victimes
1910	Crue généralisée au bassin de la Seine et à l'est de la France (Seine, Marne, Yonne, Rhin, Doubs, bassin de la Seine (Paris))	150 000 sinistrés	Moins de 5 morts
1930	Crues du Tarn et de la Garonne (Montauban et Moissac en particulier)	3 000 maisons détruites, 11 grands ponts détruits, crue la plus dommageable du XX^{e} siècle en France, plus de 6 mètres d'eau dans la ville de Montauban	Plus de 200 morts
1940	Crues du Tech, du Têt et de l'Agly dans les Pyrénées-Orientales	Destructions généralisées, 43 ponts détruits, 30 000 habitations ravagées	50 morts dans la vallée du Tech (300 morts en Catalogne)
1948	Cyclone à la Réunion	Destructions généralisées, 3 milliards de francs CFA, 100 000 foyers privés d'électricité	165 morts
1953	Tempête en mer du Nord avec submersions sur Dunkerque et Calais	Destruction de digues sur le littoral entre Sangatte et la frontière belge	Aucun mort
1958	Crues dans le Gard et l'Hérault	-	35 morts
1959	Crue de l'Argens et rupture du barrage de Malpasset (Fréjus)	Habitations rasées, routes, réseaux, terres agricoles et base aérienne ravagés, 7 000 sinistrés	423 morts
1980	Cyclone Hyacinthe à la Réunion	Records mondiaux de précipitations, 8 000 sinistrés	25 morts
1987	Débordement du torrent le Borne au Grand-Bornand (Haute-Savoie)	107 millions d'euros	23 morts
1988	Pluies torrentielles sur Nîmes (Gard)	500 millions d'euros	10 morts
1992	Crue dans le Vaucluse (Vaison-la-Romaine), l'Ardèche et la Drôme	Plus de 500 millions d'euros	47 morts
1995	43 départements touchés par une pluviométrie exceptionnelle en Bretagne et Île-de-France	610 millions d'euros	15 morts
1999	Crues dans l'Aude, le Tarn, les Pyrénées-Orientales et l'Aveyron	533 millions d'euros (ruptures d'ouvrages : remblais SNCF)	36 morts
1999	Tempêtes Lothar et Martin	Nombreuses habitations et infrastructures inondées en Charente-Maritime et Gironde, incident à la centrale nucléaire du Blayais	17 morts
2001	Remontées de nappes dans la Somme, l'Oise et l'Eure	Plus de 3 400 habitations inondées, plus de 600 communes concernées	Aucun mort
2002	Crues dans le Gard et les départements limitrophes	1,2 milliard d'euros	23 morts
2003	Crues du Rhône aval, de la Loire amont, du Tarn, du Lot…	Plus de 1,5 milliard d'euros, plus de 1 500 communes touchées	Moins de 10 morts
2007	Cyclone Gamède à la Réunion. Submersions marines	100 millions d'euros 100 000 foyers privés d'électricité (pour 800 000 habitants)	Aucun mort
2010	Tempête Xynthia à l'origine d'une submersion marine	Plus de 1 milliard d'euros, 11 départements touchés, en particulier Vendée, Charente-Maritime, Deux-Sèvres et Vienne	47 morts
2010	Crues torrentielles dans le département du Var	Près de 1 milliard d'euros, 1 000 entreprises sinistrées	25 morts

Source : MEDDE (2012), Première évaluation nationale des risques d'inondation. Principaux résultats - EPRI 2011*, juillet*

2.2. Historique et contexte

L'analyse coûts-bénéfices est un concept ancien ; appliqué au domaine des inondations, il apparaît pour la première fois dans les processus de décision publique aux États-Unis, en 1936. Le ***Flood Control Act* de 1939** impose alors l'analyse coûts-bénéfices comme critère de décision fédérale pour les mesures de protection contre les inondations :

> *« Les avantages, quels que soient les bénéficiaires, doivent être supérieurs aux coûts prévisionnels ».*

En Angleterre, les évaluations économiques ont été introduites dans la politique de gestion des risques dans les années 1960. Dès 1963, le ministère de l'agriculture demande aux autorités locales d'établir une analyse coûts-avantages dans le cadre des demandes de subventions pour financer des travaux de protection contre les inondations côtières et fluviales[1].

En France, la réalisation et le financement d'ouvrages de protection contre les inondations ne sont contraints par aucune évaluation socioéconomique jusqu'en 2011 (dans le cadre de programmes d'actions spécifiques subventionnés par l'État, voir ci-après). Les premières analyses économiques datent cependant des années 1980, avec par exemple l'étude sur l'opportunité économique de nouveaux aménagements pour protéger la région parisienne des inondations (évaluation des dommages potentiels). La première véritable analyse coûts-bénéfices a été réalisée sur le bassin de la Meuse dans le but d'aider à l'élaboration d'une stratégie globale de gestion du risque[2].

Au niveau européen, la directive 2007/60/CE relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation (dite « **directive inondation** »)[3] introduit une nouvelle obligation en droit français : celle de réduire les conséquences négatives des inondations relatives à la santé humaine, à l'environnement, au patrimoine culturel ainsi qu'à l'activité économique :

> *« Les États membres définissent des objectifs appropriés en matière de gestion des risques d'inondation […] en mettant l'accent sur la réduction des* ***conséquences négatives potentielles d'une inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique****, et, si cela est jugé approprié, sur des initiatives non structurelles et/ou la réduction de la probabilité de survenance des inondations ».*

Cette même directive introduit la notion de justification économique des mesures de prévention en stipulant que :

> *« Les plans de gestion des risques d'inondation tiennent compte d'aspects pertinents tels que les coûts et avantage »,*

mais ne rend pas obligatoire les évaluations socioéconomiques de ces plans de gestion.

(1) Source : D4E (2007), *Évaluations socioéconomiques des instruments de prévention des inondations*, ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables.
(2) Source : Grelot F. et Ledoux B. (2007), « Synthèse des évaluations socioéconomiques des instruments de prévention des inondations », séminaire « Application de l'analyse coûts-bénéfices aux risques naturels », ministère de l'Écologie et du Développement durable et AFPCN, Paris, 7 mars.
(3) Transposée en droit français par le décret n° 2011-227 du 2 mars 2011 relatif à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation.

La directive inondation est donc une « opportunité pour objectiver la gestion des risques à l'échelle nationale et identifier les priorités d'action afin de mieux répartir les moyens sur tout le territoire[1] ».

Cependant, les acteurs impliqués dans la prévention des inondations n'ont pas attendu la directive inondation pour entreprendre d'évaluer la pertinence des projets qu'ils financent (État, régions, départements) ou mettent en œuvre (communes, syndicats intercommunaux, etc.). Ainsi se sont développées des méthodologies d'évaluation, de façon indépendante, sur le territoire français[2].

En 2003 sont lancés les premiers appels à projets dans le cadre des **programmes d'actions de prévention contre les inondations** (PAPI). Ces partenariats entre les services de l'État et les acteurs locaux ont pour objectif de « promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement ». Ce soutien de l'État aux collectivités locales dans leur gestion du risque d'inondation consiste en un financement partiel des projets par le biais du fonds Barnier[3], sous réserve d'une labellisation du programme. Cette labellisation fait l'objet d'un cahier des charges bien précis.

Un deuxième appel à projets PAPI est lancé en 2011. Le cahier des charges élaboré dans ce cadre fait explicitement mention de l'analyse coûts-bénéfices comme condition nécessaire à l'obtention de la labellisation pour les mesures structurelles :

> *« Pour les actions d'investissement importantes (25 % du montant total du programme ou montant global des travaux ou aménagement supérieur à 2 M€), des analyses coût-bénéfice sont à réaliser ».*

2.3. Les projets de prévention des inondations

L'évaluation socioéconomique dans le domaine des inondations permet d'apporter un éclairage à la fois technique, économique et social dans un processus de décision qui a longtemps été centré sur des critères uniquement techniques (hydrauliques). La comparaison entre différentes variantes d'un même projet, voire la comparaison de projets, d'un point de vue socioéconomique, assure, en théorie, une répartition la plus optimale possible des crédits budgétaires alloués à ce type de projets. Ainsi, les demandes de subventions pourraient de plus en plus s'accompagner d'une évaluation socioéconomique.

À titre d'exemple, l'obtention d'un label PAPI, et donc d'un financement de projet, repose sur plusieurs conditions, notamment celle de réaliser une analyse coûts-bénéfices du

(1) Source : DGPR.
(2) Pour plus de détails sur ces pratiques françaises, on se référera au document du CEPRI (2008), *Évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes*.
(3) Le fonds de prévention des risques naturels majeurs (dit « fonds Barnier ») a été créé par la loi n° 5-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Alimenté par un prélèvement sur la prime « catastrophes naturelles » des contrats d'assurance habitation et automobile, ce fonds constitue aujourd'hui la principale source de financement de la prévention des risques naturels en France. Il permet de financer une partie de l'action de l'État et de subventionner les actions de prévention des risques naturels des particuliers et des collectivités. Les mesures subventionnables par le fonds sont précisées à l'article L561-3 du code de l'environnement.

projet envisagé. Le cahier des charges PAPI précise la méthodologie et les éléments attendus concernant cette analyse *(voir encadré ci-dessous)*.

Les éléments du cahier des charges PAPI relatifs à l'analyse coûts-bénéfices

Le cahier des charges « PAPI » précise :

- **Le périmètre sur lequel doit porter l'analyse coûts-bénéfices**

Mesures examinées

A minima : mesures structurelles (ouvrages de protection, ouvrages de ralentissement dynamique, etc.).

Aujourd'hui, il est méthodologiquement impossible d'évaluer l'impact socioéconomique de mesures non structurelles. De plus, les mesures structurelles sont bien souvent les plus coûteuses, et donc celles pour lesquelles l'intérêt de réaliser une analyse coûts-bénéfices est le plus fort.

Types d'enjeux et catégories d'impact prises en compte

Enjeux. *A minima*, les logements, l'activité économique (hors agriculture), l'activité agricole, les équipements publics.

Impacts. *A minima*, les dommages directs tangibles pour chacune des catégories d'enjeux.

Scénarios d'inondation pris en compte

Considérer *a minima* trois scénarios :

- événement fréquent (période de retour < 100 ans), dans l'idéal correspondant au seuil d'apparition des premiers dommages ;
- événement de probabilité moyenne (période de retour ~ 100 ans) ;
- événement de faible probabilité (événement extrême).

Hypothèses faites sur l'évolution potentielle dans le temps de ces impacts

- analyse effectuée à enjeux constants. Non-prise en compte de : l'évolution de la valeur du foncier ou des biens exposés, de l'évolution de la vulnérabilité des biens exposés, de l'aspect dynamique de l'occupation du sol ;
- taux d'actualisation : 4 % (décroissance au-delà de 30 ans).

Limites géographiques de l'analyse

Le périmètre doit être *a minima* celui de l'aire concernée par l'emprise maximale des scénarios d'inondation considérés.

Limites temporelles de l'analyse (horizon temporel de l'étude)

Ne pas dépasser 50 ans.

- **Les éléments d'évaluation à produire**

Description du périmètre de l'analyse

Scénarios d'aménagement et mesures étudiées, périmètre géographique retenu, scénarios d'inondation pris en compte, types d'enjeux considérés, types de dommages considérés, durée d'appréhension du projet.

Description des méthodes et sources de données mobilisées

Le maître d'ouvrage doit expliciter la méthode retenue et les sources de données sur les enjeux et les impacts mobilisées.

Présentation du coût des mesures de prévention des inondations

Présentation des bénéfices attendus par rapport à la situation actuelle pour chaque catégorie d'enjeux

Synthèse des bénéfices attendus

- Calcul du dommage moyen annuel (DMA) avec et sans mesures, puis du dommage évité moyen annuel (DEMA).
- Présentation de l'analyse coût-bénéfice sous la forme de la valeur actualisée nette et du rapport bénéfice total actualisé/coût total actualisé.

Analyse de la sensibilité des résultats

Analyse basée sur une variation des données d'entrée et des hypothèses faites

Source : Programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) – De la stratégie aux programmes d'action – Cahier des charges (MEDDTL, 2011)

L'analyse coûts-bénéfices consiste à mettre en balance les bénéfices d'un projet de protection contre les inondations, et les coûts associés à ce projet.

Les coûts

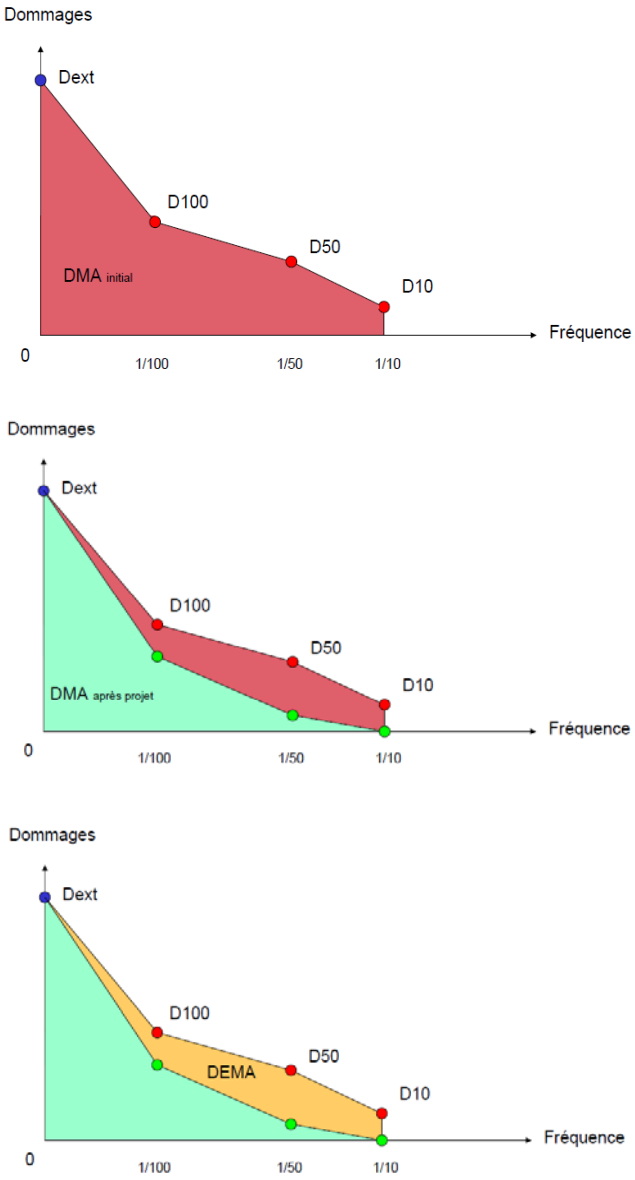
Les coûts associés au projet sont les coûts d'investissement (foncier, études, travaux, etc.), les coûts de maintenance et d'exploitation.

Les bénéfices

Les bénéfices associés à un projet correspondent aux dommages évités grâce à ce projet.

Ils sont estimés pour chacun des trois scénarios d'inondation retenus. Un dommage moyen annualisé (DMA) est ensuite calculé : il représente le dommage moyen sur le territoire en considérant l'ensemble des scénarios d'inondation potentiels pondérés par leur probabilité d'occurrence (intégration de la courbe dommage-fréquence obtenue avec les trois scénarios d'inondation étudiés, ainsi que le montrent les graphiques ci-dessous). En faisant la différence du DMA sans et avec mesure, on obtient le dommage évité moyen annualisé (DEMA).

Calcul du dommage évité moyen annuel



Source : CGDD

La méthodologie proposée par le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) recommande de prendre en compte les dommages tangibles directs, et indirects dans certains cas *(voir encadré suivant)* :

– dommages aux logements ;

– dommages aux entreprises non agricoles ;

– dommages aux exploitations agricoles.

La prise en compte des dommages aux équipements publics sera intégrée dans les versions ultérieures du guide.

Les différents types de dommages

Parmi les nombreux dommages que peuvent causer les inondations, une distinction est faite entre les dommages directs et indirects :

- *directs* : correspondent à des dégâts matériels imputables à l'impact physique de l'inondation ;
- *indirects* : conséquences sur les activités et les échanges des dégâts matériels.

De même, la distinction est faite entre les dommages tangibles et intangibles :

- *tangibles* : effets pouvant faire l'objet d'une évaluation monétaire ;
- *intangibles* : effets difficilement monétarisables en l'état actuel des connaissances.

Source : CEPRI

Afin d'évaluer ces dommages, il est nécessaire d'établir un lien entre les paramètres physiques de l'aléa (hauteur d'eau, vitesse du courant, durée de submersion, etc.) et le montant des dommages associés à cet aléa. Ce lien peut être établi par des fonctions (ou courbes) de dommages.

En France, l'absence de collecte systématique des données relatives aux dommages subis après un événement rend plus difficile l'élaboration de courbes de dommages. La création d'une base de données au niveau national permettrait de faciliter ce travail.

De plus, l'ancienneté de certaines fonctions de dommages rend leur utilisation fragile dans les évaluations actuelles. Certains pays proposent des courbes de dommages plus récentes, tels que l'Angleterre et l'Australie, mais l'extrapolation de ces données au territoire français peut poser question.

Le travail actuel d'amélioration de la méthodologie d'évaluation socioéconomique devrait permettre d'intégrer les impacts sur les équipements publics.

La méthodologie pourrait chercher à prendre en compte les coûts indirects sur le logement, notamment les coûts liés à l'évacuation et au relogement.

Horizon temporel et actualisation

Le taux d'actualisation recommandé est celui préconisé par l'ex-Commissariat général du Plan : 4 % jusqu'à 30 ans, puis décroissant avec le temps. Il conviendra de mettre à jour cette valeur en suivant les recommandations de la présente commission, soit une valeur du taux d'actualisation sans risque de 2,5 %.

Concernant l'horizon temporel de l'évaluation, la méthodologie développée par le MEDDE considère qu'il ne faut pas dépasser 50 ans, quelle que soit la durée de vie de l'ouvrage. Les raisons invoquées sont le manque de fiabilité des mesures structurelles au-delà de 50 ans, la non-validité de l'hypothèse des enjeux constants au-delà de 50 ans, et le besoin d'un horizon temporel fixe et commun pour tous les projets, afin de permettre les comparaisons.

D'un point de vue purement méthodologique, il s'avère par ailleurs très difficile de prévoir sur 50 ans l'urbanisation et le développement économique à une échelle suffisamment précise sur le territoire pour appliquer la méthode de calcul des dommages.

Cet horizon temporel de 50 ans peut poser question. En effet, la méthodologie du MEDDE recommande un travail à enjeux constants : les coûts et bénéfices du projet ne vont donc pas évoluer dans le temps dans l'analyse. À un taux d'actualisation de 4 %, ils ne sont pas négligeables à cet horizon temporel, et encore moins avec un taux de 2,5 %. Des réflexions pourraient être menées sur ce point afin de considérer l'opportunité de prendre en compte une valeur résiduelle des projets, de travailler à horizon temporel plus long, ou encore de mener une analyse sur la durée de vie du projet, puis de ramener le résultat de l'analyse en bénéfice net par année de vie du projet.

Ainsi, la méthodologie anglaise[1] recommande de considérer un horizon temporel de 100 ans. Si le choix est fait d'un horizon en deçà de 100 ans, et inférieur à la durée de vie de l'ouvrage, il est conseillé d'intégrer une valeur résiduelle du projet à l'analyse.

Scénarios de référence

L'analyse est faite à enjeux constants, c'est-à-dire que les dommages évités moyens annuels et les coûts sont identiques d'une année sur l'autre, à un taux d'actualisation près.

Critères d'aide à la décision

Deux critères sont calculés : la valeur actualisée nette (VAN), ainsi que le ratio bénéfices actualisés-coûts actualisés.

Les résultats intermédiaires que sont les DMA et DEMA doivent également être présentés.

Le guide insiste sur la notion de transparence et recommande de faire figurer :

– l'ensemble des étapes de calcul ;

– les hypothèses faites ;

– les enjeux pour les différents scenarios et par classe d'aléas ;

– le détail de la méthode utilisée.

La méthodologie recommande le recours à des analyses de sensibilité, consistant à faire varier les paramètres-clés dans une fourchette réaliste de variation de ces paramètres.

Un paramètre apparaît particulièrement important dans l'analyse coûts-bénéfices : l'événement générant les premiers dommages. C'est le scénario d'inondation créant des dommages qui possède la fréquence la plus élevée. Cette fréquence élevée lui confère un poids prépondérant dans l'analyse coûts-bénéfices. Cependant, il n'est

(1) Environment Agency (2010), *Flood and Coastal Erosion Risk Management appraisal guidance – FCERM-AG*, Bristol, mars.

pas toujours aisé d'identifier ce scénario : le recours à une analyse de sensibilité peut alors s'avérer utile.

2.4. Extensions en cours

L'analyse coûts-bénéfices actuelle ne permet pas de prendre en compte les conséquences négatives potentielles d'une inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique, tel que la directive inondation le demande.

Face à ce constat, et devant la nécessité de satisfaire aux exigences de cette directive, la DGPR[1] a commandé en juin 2010 la production d'une méthodologie d'analyse multicritère des projets de prévention des inondations. Un comité de pilotage et un groupe de travail national se sont ainsi mis en place, regroupant notamment la DGPR, le CGDD, et le CEPRI[2], et fonctionnent selon deux axes de travail :

– production d'indicateurs selon les quatre axes de la directive inondation (santé humaine, patrimoine culturel, environnement, économie) ;

– consolidation de l'analyse coûts-bénéfices (définition de nouveaux outils, et notamment de nouvelles courbes de dommages).

L'analyse multicritère non pondérée consiste en une analyse coûts-bénéfices « classique », à laquelle viennent s'ajouter des critères quantitatifs et des critères qualitatifs.

La production de cette méthodologie s'accompagnera d'un nouveau cahier des charges pour les projets PAPI, qui imposera une étude sur la base d'indicateurs.

2.5. Des indicateurs non monétaires s'ajoutent à l'analyse coûts-bénéfices « traditionnelle »

Nous l'avons vu, la monétarisation des dommages peut poser des difficultés méthodologiques : manque de données, données imprécises pour l'approche micro adoptée. Afin de prendre en compte ces enjeux dans l'analyse, leur description par le biais d'indicateurs qualitatifs et/ou quantitatifs peut apporter un certain éclairage.

Ainsi, la méthodologie développée par le MEDDE recommande de prendre en compte les indicateurs suivants.

Pour les mesures structurelles, vingt indicateurs quantitatifs sont retenus pour l'évaluation des mesures, dans les quatre récepteurs définis par la directive inondation : santé humaine (huit indicateurs), environnement (quatre indicateurs), patrimoine culturel (deux indicateurs) et économie (six indicateurs). Chaque indicateur fait l'objet d'un calcul sans et avec les mesures et d'une représentation cartographique.

(1) Direction générale de la prévention des risques.
(2) CEPRI : Centre européen de prévention des risques d'inondation. Les autres membres de ce groupe sont l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (IRSTEA), le CETE-Méditerranée, la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Rhône-Alpes, l'association « Mission Risques naturels » (MRN), etc.

Des indicateurs qualitatifs sont définis :

– effets induits sur les bâtiments participant à la gestion de crise situés en zone inondable ;

– données qualitatives sur les captages en eau potable ;

– effets induits sur la population et les captages d'eau potable par la présence de sites dangereux en zone inondable ;

– effets induits par les mesures sur les espaces naturels protégés (de manière directe et indirecte) ;

– effets induits par les mesures sur la présence de canalisations de transport d'hydrocarbures ou de produits dangereux en zone inondable ;

– linéaire de berges impacté par les ouvrages projetés : impact sur les espaces naturels protégés ;

– importance particulière de certains musées et bâtiments patrimoniaux ;

– impact sur le paysage et sur le changement d'occupation du sol ;

– impact du dysfonctionnement des réseaux sur l'économie locale, transfert d'économie locale.

Pour chacun de ces aspects qualitatifs, le guide précise les données et informations à mobiliser, ainsi que l'analyse attendue.

2.6. Évolutions et recommandations

Améliorer et élargir la prise en compte des différents dommages

À l'heure actuelle, la méthodologie développée par le MEDDE prend en compte les dommages aux logements, aux activités agricoles et aux entreprises non agricoles. Un travail en cours au sein du ministère a pour objectif l'amélioration de la prise en compte des dommages aux entreprises et le développement d'une méthodologie de prise en compte des dommages aux équipements. Ce travail doit être poursuivi afin de venir enrichir la méthodologie actuelle.

Recommandation

Poursuivre les travaux en cours relatifs à l'enrichissement de la méthodologie de prise en compte des dommages aux entreprises et aux équipements, notamment en approfondissant la relation entre le projet envisagé, les variations d'indicateurs qu'il entraîne et les conséquences de ces variations d'indicateurs sur le bien-être des populations et les coûts de production des entreprises.

Le nombre de morts et de blessés évités grâce à la mise en œuvre du projet devrait être intégré dans l'évaluation socioéconomique. Cela nécessitera de faire appel :

– à la valeur monétaire du mort et du blessé ;

– aux données relatives au nombre de morts et de blessés par scénarios d'inondation.

Si le premier point ne pose pas de problème (on se référera aux travaux de la présente commission sur la valeur de la vie humaine), en revanche, le deuxième présente une difficulté méthodologique : il est difficile d'associer un nombre de morts à un événement. Des études devraient être entreprises afin d'enrichir les connaissances sur ce sujet.

La diminution de la vulnérabilité et de l'exposition d'une population au risque inondation peut avoir un impact sur le bien-être de ces personnes. L'évaluation socioéconomique devrait chercher à intégrer ce bénéfice. Cependant, le nombre de victimes en cas d'inondation dépend à la fois du nombre de personnes exposées (vivant ou travaillant ou de passage sur le site exposé), qui varie en fonction de multiples facteurs, notamment selon les jours et les périodes de la journée, et selon la vitesse de l'inondation combinée avec la réactivité et l'efficacité du dispositif de prévention, de communication et d'intervention. C'est pourquoi des indicateurs sur la santé humaine complètent actuellement l'analyse coûts-bénéfices pour ne pas ignorer l'importance de l'enjeu humain dans l'évaluation.

L'ordre de grandeur du nombre de personnes exposées pourrait être estimé avant d'envisager l'estimation d'un nombre de victimes et une monétarisation. Il conviendrait de réaliser des études et des retours d'expériences permettant de relier le nombre de victimes au nombre de personnes exposées et à divers facteurs-clés comme la nature précise de l'aléa local et la performance des dispositifs cités ci-dessus.

Recommandation

Lancer des travaux relatifs à la méthodologie de prise en compte des effets d'une diminution de l'exposition au risque inondation sur la santé (nombre de victimes) et sur le bien-être individuel en vue d'intégrer ce bénéfice dans le calcul socioéconomique.

Mener des études complémentaires sur le choix de l'horizon temporel de l'analyse

La plupart des ouvrages de protection (digues, perrés, murs de protection) ont une durée de vie estimée à 30 ans au maximum par les experts : au-delà de ces 30 ans, l'ouvrage est considéré comme ne pouvant plus remplir sa fonction correctement (défaillance fonctionnelle) et nécessite des travaux de confortement assimilés à de la reconstruction (tout du moins en termes de coût). Pour les barrages, la durée de vie est généralement estimée à 50 ans.

La durée de vie imposée dans l'analyse socioéconomique pourrait être modulée en fonction des ouvrages considérés (barrages, digues, etc.). Mais la durée de vie ne varie pas uniquement selon la fonction assurée par l'ouvrage : elle varie aussi selon ses caractéristiques structurelles (les matériaux de construction utilisés, les fondations conçues, etc.). Ainsi, une digue en terre ne résiste pas de la même façon qu'une digue dont la structure est en béton armé. L'horizon temporel de l'évaluation, aujourd'hui limité à 50 ans au maximum, pourrait donc être revu selon les nombreuses typologies d'ouvrages considérées.

Recommandation

Étudier l'opportunité de proposer une grille des durées de vie à considérer en fonction des différents ouvrages. Par exemple, un retour d'expériences des durées de vie réellement observées sur le territoire pourrait permettre d'affiner ce paramètre dans l'évaluation socioéconomique. Il serait aussi intéressant d'améliorer la connaissance sur le coût des gros entretiens menés sur les ouvrages.

Utiliser le taux d'actualisation sans risque préconisé par la présente commission

La méthodologie actuelle dans le domaine des inondations recommande de recourir à un taux sans risque de 4 %, conforme aux recommandations du rapport Lebègue. Suite aux travaux de la présente commission, ce taux sans risque devrait être revu, et abaissé à 2,5 %.

Recommandation

Recourir à un taux d'actualisation sans risque de 2,5 %, au lieu de 4 % précédemment.

Chercher à prendre en compte le risque macroéconomique

Dans l'approche actuelle, les enjeux sont considérés comme constants d'une année sur l'autre. L'évolution de ces enjeux dans le temps peut pourtant être observée, souvent en termes de croissance mais pas systématiquement : de nombreux facteurs interviennent, notamment ceux liés à la dynamique de l'économie locale, reliée elle-même aux évolutions macroéconomiques nationales. Il pourrait être souhaitable de chercher à prendre en compte l'évolution des enjeux, peut-être sous forme de tests de sensibilité. Si l'on arrivait à relier l'évolution de ces enjeux à celle des grands agrégats macroéconomiques comme le PIB national, il serait alors envisageable d'aller plus loin, vers une prise en compte du risque macroéconomique. Pour cela, on pourrait recourir à la méthode préconisée dans le rapport Gollier[1]. Cependant, pour des projets qui sont en général à petite échelle, il peut apparaître difficile de mener cette analyse et les facteurs locaux jouent probablement un rôle majeur.

Recommandation

Considérer une approche de prise en compte du risque par la méthode Gollier. L'idée serait de déterminer la corrélation entre le risque macroéconomique (PIB) et le risque lié au projet (développement local). Le développement local pourrait être appréhendé par l'ensemble des recettes fiscales locales, ou par le chiffre d'affaires des entreprises implantées dans la zone considérée.

(1) Gollier C. (2011), *Le calcul du risque dans les investissements publics*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française.

Vers une classification des projets

Le nombre de demandes de subventions pour les projets de prévention des inondations pourrait être amené à augmenter dans les années à venir. Compte tenu du potentiel plafonnement des ressources budgétaires allouées à ce type de projets, il va devenir nécessaire de pouvoir faire des choix parmi plusieurs projets, ou, du moins, de les hiérarchiser par ordre de priorité.

C'est la situation à laquelle a été confrontée la Suisse en 2004 : l'Office fédéral de l'environnement ne disposait alors pas de moyens suffisants pour subventionner l'ensemble des projets approuvés. Il a donc dû définir une méthode de classement en deux catégories : projets de première priorité et projets de deuxième priorité. Un budget a été alloué à chacune de ces catégories.

La méthode de hiérarchisation des mesures de protection contre les inondations de la Saxe

En Allemagne, la compétence de la politique de l'eau et des inondations dépend des États fédéraux et non du Gouvernement fédéral. Ainsi, plusieurs Länder se sont dotés d'une méthode officielle.

En particulier, le Länder de la Saxe a développé une méthodologie d'analyse pour l'évaluation économique des projets de prévention des inondations. Cette méthode repose sur une analyse multicritère pondérée de quatre critères :

- dommage potentiel ;
- ratio coûts-bénéfices ;
- effets liés à la gestion des eaux (effets hydrauliques, écologiques, etc.) ;
- vulnérabilité de la zone à protéger.

Chacun de ces critères se voit attribuer une note sur une échelle de 25. La note finale ainsi obtenue permet de classer les projets en trois catégories : priorité « faible », priorité « moyenne » et priorité « haute ».

Cette méthode a été utilisée pour hiérarchiser les projets inscrits dans les plans de protection contre les crues de la Saxe.

Source : CEPRI (2011), Évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes européennes

Recommandation

Considérer une manière de classer les projets, compte tenu de la possibilité d'une hausse des demandes de financement et d'un plafonnement du budget alloué aux projets de prévention des inondations, qui nécessiteraient de faire des choix parmi les projets soumis.

Élargir le champ des projets évalués

Il pourrait être intéressant de chercher à développer une évaluation de l'intérêt socioéconomique des mesures structurelles de diminution de la vulnérabilité des bâtiments (matériaux de construction, installation électrique en hauteur, etc.), qui

peuvent permettre, en cas d'inondation, de réduire de façon significative les dommages aux logements, et ce, pour un coût réduit.

Au-delà des mesures structurelles, la connaissance des impacts du comportement des personnes sur les dommages est encore faible. Les mesures non structurelles de prévention des inondations (sensibilisation, surveillance, prévision des crues, etc.) ne font pas aujourd'hui l'objet d'évaluation socioéconomique, pour cause de difficultés méthodologiques.

Recommandation

Développer des approches méthodologiques d'évaluation socioéconomique des mesures structurelles sur le bâti et des mesures non structurelles.

3. Le secteur de la santé[1]

3.1. La spécificité du « bien santé »

L'intervention publique : une intervention nécessaire et incontournable

Le « bien santé », et plus généralement les services de santé, occupent une place très particulière dans l'organisation de nos économies développées et font l'objet de nombreuses interventions publiques. Ce n'est pas un hasard. La théorie économique identifie dans ce secteur un grand nombre de caractéristiques intrinsèques qui rendent les mécanismes de marchés impuissants à dégager des équilibres satisfaisants du point de vue collectif et explique ainsi en partie la forte implication des pouvoirs publics dans le secteur.

Les justifications fournies dans la littérature, reprises dans les discours des différents acteurs, sont bien connues : la santé des individus a un impact sur la productivité du système économique et mérite de ce fait d'être renforcée, la tendance des individus à sous-estimer dans leurs calculs individuels cet impact collectif légitime, du point de vue économique, l'intervention publique. C'est par ailleurs un secteur à forte valeur ajoutée qui pèse très lourd dans l'économie en termes d'investissements, de R & D, d'emplois, d'activités et constitue ainsi un des leviers mobilisables dans les politiques de relance. Enfin, les acteurs publics et privés de ce secteur, collectivement ou individuellement, doivent prendre leurs décisions dans un contexte de fortes incertitudes et d'asymétries informationnelles. Les externalités positives ou négatives associées à certains risques sanitaires (épidémies par exemple), dont l'évaluation constitue un véritable défi, sont encore d'autres sources de dysfonctionnements des mécanismes de marché traditionnels. On notera les biais dits cognitifs (défaut de rationalité des individus) que l'économie comportementale met aujourd'hui en

(1) Cette section est une synthèse des présentations et des discussions qui ont été produites dans le cadre des travaux de la sous-commission Santé, animée par Luc Baumstark, Lise Rochaix, Benoît Dervaux et Catherine Le Gales. Les principales contributions s'appuient sur les présentations faites lors de la séance du 17 avril 2013 *(voir annexe 3)* et ont bénéficié du travail de relecture de Jérôme Wittwer et Valérie Clément.

évidence et sur lesquels s'appuient par exemple les politiques dites de « *nudge*[1] » qui cherchent, par des mécanismes incitatifs, à modifier les comportements.

De plus, la consommation relative des biens et services de santé a tendance à augmenter, et la santé est considérée comme un bien supérieur au sens où les dépenses engagées par les individus, pour sa préservation, croissent avec le revenu. Plus un pays est riche, plus il investit dans la santé et dans des proportions souvent plus importantes. Ce qui est vrai pour un pays, une collectivité, l'est également au niveau des ménages et des individus. C'est un mécanisme puissant qui, ajouté au phénomène de vieillissement de la population dans les pays riches, explique en partie pourquoi la demande englobe aujourd'hui, plus qu'hier, des éléments de confort impliquant une extension des dépenses à d'autres domaines qu'on pouvait précédemment considérer comme moins prioritaires ou moins accessibles avec la question concomitante de ce qui adviendra en cas de décroissance durable ou de stabilisation du développement.

L'augmentation de l'espérance de vie, elle-même liée à la croissance économique, associée au développement des nouvelles technologies repoussant les frontières de l'intervention médicale implique des dépenses supplémentaires. Le vieillissement de la population, les situations de dépendance plus exacerbées que par le passé s'accompagnent du développement de nouvelles offres de soins et de services.

Les interventions publiques, dont on comprend qu'elles sont souvent incontournables, légitimes et nécessaires, sont nombreuses et touchent différents domaines :

- les décisions en matière de subventions, d'interventions redistributives pour garantir l'égalité de l'accès aux soins ;
- l'organisation et le développement des infrastructures et équipements sanitaires ;
- la gouvernance des risques ayant des impacts sur la santé des individus pris individuellement et collectivement ;
- la régulation de l'information nécessaire au bon fonctionnement du système sachant que les asymétries d'informations entre les acteurs (médecins, patients, laboratoires pharmaceutiques, etc.) sont très importantes et peuvent avoir des conséquences dramatiques ;
- la définition de normes et de réglementations ainsi que la promotion de bonnes pratiques cliniques ;
- le financement de la recherche.

Ces biens et services peuvent être considérés comme des biens « essentiels » au même titre que les grandes « *utilities* » du secteur de l'eau, du transport, de l'énergie, des télécommunications. Dans le secteur de la santé, comme dans ces secteurs traditionnels :

- la concentration est parfois très forte et la concurrence peut rester faible. Dans certaines situations cela peut être préférable, notamment pour les prises de risque en matière de R & D, mais cela peut conduire à des rentes de situation, à une inadéquation entre l'offre et la demande, à des augmentations de coût, etc. ;

(1) *To nudge* : au sens littéral, pousser quelqu'un du coude ; amener quelqu'un à faire quelque chose.

- les asymétries d'informations et les irréversibilités peuvent être conséquentes pour les individus qui se trouvent alors dans des situations de faiblesse ;
- les investissements sont souvent colossaux, les arbitrages de long terme structurants ;
- la permanence du service (des urgences en particulier) et la continuité du service sur le territoire sont une nécessité ;
- les effets externes et de réseaux sont considérables. On peut citer sans être exhaustif la définition de normes partagées, l'importance de l'interopérabilité des logiciels pour la e-santé (télé-imagerie), le partage de recommandations de bonnes pratiques au sein des réseaux de santé permettant la coordination et la continuité des soins.

Ces caractéristiques montrent que la concurrence dans ce secteur ne conduit pas nécessairement à une allocation optimale des ressources ; elles expliquent très largement l'importance et la nécessité de l'intervention publique. De manière générale, la question de la gouvernance du système, voire d'un minimum de planification et de coordination peut se poser.

La contrepartie financière et la nécessaire régulation des dépenses publiques

L'implication du secteur public dans la santé a une contrepartie qui est celle du financement. Les dépenses de santé représentent une part très importante des dépenses publiques dans tous les pays développés, quelles que soient les différentes modalités d'organisation du secteur de la santé.

Garantir le contrôle de ces dépenses est une nécessité, sachant que bien souvent les mécanismes d'incitation, lorsqu'ils existent, peuvent être inefficaces.

Tout contrôle à différentes étapes du processus de décision, en amont comme en aval, suppose de développer des outils susceptibles d'éclairer les arbitrages :

- maîtriser les dépenses publiques, non pour forcément les réduire, mais pour faire en sorte que, compte tenu de la rareté des fonds publics et de leur coût d'opportunité (ce qui est fait là ne sera pas fait ici), elles soient utilisées au mieux ;
- favoriser les investissements et technologies de santé considérés comme les plus efficaces ;
- définir et préconiser les instruments de dialogue avec les industriels du secteur pour faciliter notamment l'orientation de la recherche ;
- arbitrer entre différents intérêts contradictoires ;
- faire émerger des préférences collectives intégrant des situations très hétérogènes.

En matière de santé, la très grande hétérogénéité des pratiques médicales et l'importance des enjeux financiers inciteraient à une utilisation intensive du calcul économique dans l'aide à la décision publique. C'est loin d'être le cas dans beaucoup de pays et cette sous-utilisation du calcul économique contribue à alimenter des décisions dont la rationalité collective est sujette à discussion, quand elles ne sont pas dommageables.

Pourtant, de nombreux travaux depuis trente ans multiplient les exemples d'application du calcul économique à l'évaluation de stratégies médicales et sanitaires pour la prévention, le diagnostic ou la thérapeutique. Plusieurs pays industrialisés (Australie, Royaume-Uni, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, etc.) ont même adopté une obligation de recours explicite à ce type de calcul dans des procédures réglementaires, notamment pour fixer les prix de remboursement des médicaments. En Amérique du Nord, de telles applications sont largement utilisées par les assurances santé et les institutions de soins.

La sous-utilisation du calcul économique renvoie à la situation particulière de ce secteur. Le calcul économique sous ses différentes formes (coût-avantage, coût-utilité, coût-efficacité) se heurte ici à la question de la valorisation des effets des soins sur la mortalité et la morbidité. Il est toujours difficile d'accepter l'idée que la vie humaine ou la qualité de vie puissent faire l'objet d'un calcul économique et d'une valorisation monétaire pour les opposer aux dépenses publiques engagées dans les politiques de santé, même si cette question, de manière implicite, se pose en permanence lors des arbitrages que font la collectivité et les individus eux-mêmes. C'est principalement pour cette raison que le calcul économique dans le secteur de la santé s'écarte généralement de l'analyse coût-avantage au profit de l'analyse coût-efficacité *(voir plus bas)*.

La question de l'analyse des risques vient renforcer cette difficulté, car la prise de risque collective et individuelle constitue, plus que dans les autres secteurs, un élément fondamental de la décision. L'incertitude et le risque sont même consubstantiels des politiques de santé : pas de certitude sur les affections de santé et pas de soins sans prise de risque. En matière de soins, l'incertitude porte autant sur le diagnostic (possibilité d'erreurs de première et de deuxième espèces) que sur la thérapeutique (efficacité plus ou moins grande du traitement). Le risque « santé » apparaît même spécifique en raison des conséquences irréversibles d'un grand nombre de situations qui engagent la vie et les conditions de vie des individus. La démarche croise nécessairement les éléments individuels et collectifs. La gestion du risque découle donc directement de l'échelle de valeurs de la communauté mais, en matière de gouvernance et de politiques publiques, il faut toutefois dissocier la valorisation du risque individuel et la distribution du risque entre les individus.

Cependant, on observe une diffusion de la pratique du calcul économique au sein de nombreuses administrations. En France, on note une évolution notable des pratiques avec la création en 2008 de la CEESP (Commission d'évaluation économique et de santé publique) de la HAS.

3.2. Quelques pratiques internationales et rôle pionnier de l'expérience britannique

L'un des pays les plus avancés sur ce point reste le Royaume-Uni, qui dispose depuis 1999 d'un institut spécifique d'évaluation appliquant notamment l'analyse économique à toutes les technologies de santé : le National Institute for Health and Clinical Experience (NICE). Placé sous la tutelle du National Health Service (NHS), son mandat couvre l'ensemble des technologies de santé (médicaments, actes, dispositifs) et fonde l'analyse économique comme principe d'évaluation des dépenses de santé. D'autres pays se sont engagés dans des approches similaires : l'Allemagne avec l'IQWIG créé en 2003 (Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im

Gesundheitswesen), qui a vu son champ de compétences élargi au volet économique en 2007, l'Australie, et bientôt les États-Unis.

Il reste que le Royaume-Uni est le seul pays à pratiquer l'évaluation coût-utilité de manière systématique et à disposer d'une solide expérience.

Il n'est pas sans intérêt dans le cadre de ce rapport de faire état de cette expérience pour évaluer les technologies de santé, car elle est assez exemplaire à de nombreux titres. Cette démarche repose sur trois principes :

- la recherche du bien-être collectif qu'on cherche à maximiser[1] : durée et qualité de la vie, pour le plus grand nombre, sans discrimination ;
- la mesure de l'efficacité des médicaments et des thérapies envisagés par un indicateur agrégé, le QALY[2] *(quality-adjusted life year),* permettant la comparaison des ratios coût-efficacité entre technologies différentes et entre politiques de soin appliquées à des maladies différentes ;
- la comparaison exhaustive de la technologie évaluée avec les technologies existantes auxquelles elle pourrait se substituer, sur la base du ratio coût-efficacité. Si ce ratio est considéré comme acceptable dans une situation donnée, un ratio plus faible dans un autre cas devrait être également accepté.

Le seuil d'acceptabilité (ou de rejet) d'une nouvelle technologie se situe approximativement entre 20 000 et 30 000 £/QALY. Ce seuil n'est pas une disposition à payer mais plus un coût d'opportunité à substituer une nouvelle technologie à la technologie existante.

Les avantages d'une telle évaluation sont clairs : cette méthode introduit de la transparence et assure une réelle harmonisation des pratiques, donc une efficacité de la dépense. Elle permet d'objectiver de manière simple des ratios coût-efficacité et intègre ainsi les considérations de coût dans les politiques de soin poursuivies par la collectivité. Elle renforce le dialogue contradictoire avec les laboratoires et les autres acteurs de la société, tout en promouvant l'utilisation des technologies les plus efficaces, les plus efficientes et les plus innovantes.

Les inconvénients sont malgré tout redoutables : si on met de côté les questions politiques et éthiques que peut poser ce type d'évaluation, l'approche économique se heurte à l'insuffisance de preuves d'efficacité pour les technologies nouvelles, domaine où les décisions sont justement difficiles à prendre et où la question du risque est centrale. Une prudence excessive d'interprétation des preuves peut freiner l'innovation ; à l'inverse, une interprétation trop optimiste peut entraîner le gaspillage de ressources rares.

(1) En ce sens, l'analyse coût-efficacité (ou encore coût-utilité) se rapproche des objectifs de l'analyse coût-avantage.
(2) Un QALY est une unité de mesure de la durée de vie pondérée par la qualité de vie liée à la santé, cette dernière étant valorisée par un score de préférence généralement obtenu sur la population générale. Ces scores doivent être fondés sur les préférences de la population générale et ils sont mesurés sur une échelle d'intervalles qui assigne le score 1 à la parfaite santé et le score 0 au décès. Le nombre de QALY est calculé en pondérant les durées passées dans les états de santé par les scores de préférence associés à ces états. *(Voir aussi chapitre 1, section 8.5., où cet indicateur a été longuement développé.)*

Il est à noter que cette approche est révisée tous les trois ans avec un objectif d'amélioration continue, tout en veillant à ne pas détériorer la crédibilité des avis du NICE (notamment en cas d'ajustement trop fréquent des seuils d'acceptabilité). Le débat porte généralement sur le seuil d'acceptabilité et sur le traitement particulier (pondération) pour certaines situations, par exemple la fin de vie ou les maladies orphelines, dans lesquelles une application directe de ce seuil pose des problèmes difficiles. La définition du seuil est nécessairement liée à la question des disponibilités budgétaires. Avec cet outil, le NICE ne décide pas du budget nécessaire au NHS, il ne vise qu'à optimiser la politique de santé pour un budget donné.

Par ailleurs, l'application de cette méthode est souple dans la mesure où il s'agit moins d'un seuil couperet automatique que d'une zone dans laquelle le processus de discussion et de négociation sera plus ou moins engagé. La référence à ce seuil sera d'autant plus ferme que *l'evidence-based medecine* est faible, il ne peut en effet être le même selon que les résultats de santé attendus de l'innovation proposée seront basés sur des études statistiques significatives ou sur des dires d'experts, ou encore si ces effets sont contestés.

L'administration britannique n'est pas la seule à utiliser un tel référentiel

WBIL	high	lower middle	high	high	high	high	upper middle	high	high	high	high	high
	NICE	HITAP	SBU	AHRQ	CADTH	MSAC	DECIT-CGATS	DAHTA/ DIMDI	HAS	LBI-HTA	BIQG/ GOEG	IQWIG
PCM	EoL	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
€	25,322 - 37,983/ QALY	6,745/ DALY averted**	73,000/QALY	37,460/ LYG	16,7696 - 85,245/ QALY	20,000–36,000/ LYG (*36,000/QALY)	19,327/YLS (CE) 6,442/YLS (VCE)					explicitly rejected; alternatively: efficiency frontiers
US $	32,005-48,007/ QALY	9,866/ DALY averted**	107,000/QALY	50,000/ LYG	24,542 -124,757/ QALY	23,791-42,828/ LYG (*52.000/QALY)	25,876/YLS (CE) 8,625/YLS (VCE)	x	x	x	x	
	Explicit	Explicit	Implicit	Implicit	Implicit	Implicit	Implicit	NR	NR	NR	NR	NR
GDP-1	35,631	8,700	36,790	47,186	38,975	38,637	10,466	35,432	33,090	37,858	37,858	35,432
GDP-3	106,893	26,100	110,370	141,558	116,925	115,911	31,398	106,296	99,270	113,574	113,574	106,296
TEXP	8.4%	3.7%	9.1%	15.7%	10.1%	8.9%	8.4%	10.4%	11.0%	10.1%	10.1%	10.4%
$	1999 introduced by NICE advisory committees, NICE 2008 Guide	HITAP et al. 2008 Guideline (WHO recommendation, GDP p.c. based)	Persson / Hjelmgren 2003 Road accident statistics, VSL	1992 introduced, arbitrary used	Laupacis 1992 guideline recommendations	George 2001: past allocation decisions; *Official institution	cost-effectiveness studies; using WHO recommendation GDP p.c. based***					

Legend: WBIL: World Bank Income Level; PCM: Existence of personalized cancer medicine guidelines; EoL: End of life treatments; €: values in Euro (2011), US$: same values in US$ (2011); $: main source of threshold values; GDP: Gross Domestic Product per capita (in US$ of 2008, OECD Factbook 2010, Thailand: CIA World Fact Book 2009); GDP-1: 1-times GDP p.c. in US$; GDP- 3: 3-times GDP p.c. in US$ (equal to lower and upper boundary of recommended WHO threshold range); TEXP: Total Expenditure on Health as % of GDP (OECD 2007); $: Source for threshold values; *other source PBAC chair cit. 2009 in www.commonwealthfund.org); ** Thai Guide uses only the upper WHO threshold instead of the range of 1-3 times GDP per capita (in US$/DALY averted); *** WHO-threshold not indicating DALYs. Notes: With reference to the common disregard to economic changes over time in threshold use, values are converted in € or US$ of 2011 without inflation;

Abbreviations: AHRQ: Agency for Healthcare Research and Quality; BIQG: Bundesinstitut für Qualität im Gesundheitswesen; CADTH: Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; CE: cost-effective; DAHTA @DIMDI: German Agency for HTA at the German Institute for Medical Documentation and Information; DALY: Disability-adjusted Life Year; DECIT-CGATS: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Ciência e Tecnologia; GÖG: Gesundheit Österreich GmbH; HAS: Haute Autorité de Santé; HITAP: Health Intervenion and Technology Assessment Program; IQWiG: Institut für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen; LBI: Ludwig Boltzmann Institut for Health Technology Assessment; MSAC: Medical Services Advisory Committee; NICE: National Institute for Health and Clinical Excellence; NR: Not relevant; SBU: Swedish Council on Technology Assessment in Health Care; LYG: Life years gained; QALY: Quality-adjusted Life Year; VCE: Very cost-effective; YLS: Years Life Saved; VSL: Value of Statistical Life; WHO: World Health Organization

Source : Schwarzer et al. *(2011), HTAi (Health Technology Assessment international)*

3.3. L'apport pour le secteur de la santé en France

Les enjeux de l'évaluation des politiques de santé publique

En France, la plupart des politiques de santé ignorent l'évaluation économique et la question de la mesure du risque associé à ces décisions. L'administration et les médecins restent méfiants et se montrent réticents à utiliser ces outils. Cette situation tient à une certaine déresponsabilisation des acteurs individuels (logique de guichet

ouvert qui donne le sentiment d'absence de contraintes budgétaires : médecins payés à l'acte, patients largement remboursés de leurs frais, assurés peu sensibles à la hausse des cotisations même si ce dernier point tant à être de moins en moins vrai en raison des politiques visant à responsabiliser les patients et compte tenu d'un reste à charge de en plus conséquent), au nom du principe que la santé n'a pas de prix (refus d'admettre la contrainte budgétaire).

Les réticences viennent également, en partie, du fait que l'analyse économique est perçue par le corps social comme un instrument de rationnement des soins, alors qu'il s'agit fondamentalement d'opposer à l'analyse budgétaire et comptable une analyse économique mesurant les avantages que la collectivité pourrait retirer des dépenses engagées. La défense du système a été établie sur des stratégies de contournement avec l'idée que la croissance permettrait de créer suffisamment de valeur pour dégager les ressources nécessaires, que les économies réalisées par la réduction des gaspillages suffiraient à couvrir les besoins insatisfaits, que des transferts venant d'autres secteurs pourraient en partie combler les déficits, qu'un endettement était toujours possible.

Toujours est-il que l'augmentation des besoins de santé associée à la nécessaire maîtrise des dépenses publiques dans le secteur rend de plus en plus impérieuse la mise en place d'outils de mesure objectivable des services rendus et finalement d'évaluation des décisions. L'enjeu de l'introduction de l'évaluation économique dans les politiques de santé est double : d'une part, mieux articuler les objectifs de santé publique avec l'enveloppe budgétaire disponible tout en préservant la qualité du système de santé et l'équité d'accès, et d'autre part, mettre en évidence les interactions entre comportements individuels au sein du parcours de soins et dépenses collectives de santé.

De manière générale, la mise en place d'un véritable dispositif d'évaluation économique doit résoudre plusieurs difficultés :

- intégrer les études économiques dans les procédures décisionnelles existantes (stades d'intervention, respect des délais, possibilité de contradiction, bilan *a posteriori*) ;
- établir des méthodes pratiques aisément applicables et partagées par tous les acteurs (documenter les concepts et les indicateurs pertinents, fournir une évaluation fiable et compréhensible pouvant servir de support au débat) ;
- garantir le caractère multidimensionnel de l'évaluation alors que les méthodes traditionnelles ont tendance à mettre en avant des indicateurs agrégés et donc suspects de ne pas intégrer l'ensemble des problèmes. L'agrégation de toutes les dimensions (dommages monétaires et non monétaires subis, équité entre individus, etc.) au sein d'un indicateur économique unique reste une gageure, qui ne doit toutefois pas conduire à délaisser l'analyse économique pour des analyses multicritères. L'évaluation économique n'est qu'un élément de prise de décision, mais elle est indispensable ;
- éviter les inégalités de traitement des situations lorsqu'on sort du cadre de l'évaluation coûts-avantages ;
- s'articuler avec des critères éthiques de jugements. La HAS a publié en ce sens un guide méthodologique sur les évaluations des aspects éthiques dont certaines

dimensions peuvent impacter l'évaluation économique en particulier sur les questions liée aux règles de priorisation contenues dans le calcul économique ;

- dépasser les conflits d'intérêts fortement présents au cours de l'évaluation (depuis la définition du problème traité jusqu'à la présentation des résultats) ;
- convaincre les partenaires de s'engager dans un calcul coûts-avantages dont la finalité peut être mal comprise ou mal perçue dans le milieu médical. Les analyses économiques, lorsqu'elles existent, se cantonnent souvent à des analyses coûts-efficacité, dissociant clairement l'objectif à atteindre, fixé de manière exogène par la collectivité, de la question de l'optimisation des coûts pour l'obtenir. Cela revient à laisser une certaine distance entre les questions relatives à la richesse individuelle et collective, et la question du bien-être individuel et collectif. Dès lors, les critères classiques de valeur actuelle nette ne sont pas applicables et sont remplacés par le critère du ratio coût-efficacité (qui fait le pendant du ratio bénéfice par euro investi dans le secteur des transports). Ce choix de conserver séparément les deux dimensions, coûts et efficacité sanitaire, laisse ouvert le débat sur la valorisation monétaire de la santé ;
- enfin, apprécier les éléments multiples des risques associés aux dépenses de santé. La valorisation des bénéfices sanitaires conduire à réviser la notion d'aversion au risque : quels sacrifices la collectivité et les individus sont-ils prêts à consentir pour éviter telle situation ?

Chacun peut comprendre les difficultés de ce type d'approche, mais il apparaît également clair que ce secteur est sans doute l'un de ceux dans lesquels, compte tenu des enjeux économiques, sociaux, politiques et éthiques, il est souhaitable d'encourager la pratique du calcul économique pour éclairer la décision. À ce titre, le débat politique qui avait été engagé sur la gestion de la grippe A se serait présenté sans doute différemment si les décideurs politiques avaient pu se référer à des études économiques. Le calcul économique aurait contribué à objectiver les informations qui étaient disponibles au moment de la décision et non celles révélées depuis, sur l'incidence du virus, sur le nombre d'injections vaccinales nécessaires pour l'immunisation, etc.

Actuellement, le développement de techniques d'identification de caractéristiques constitutionnelles ou somatiques susceptibles de permettre l'estimation de la réponse des patients à un traitement médical commence à se traduire par l'intégration de tests (biomarqueurs, profils d'expression génomique) dans la prise en charge standard des patients, notamment en oncologie où le ratio bénéfice-toxicité des traitements reste un enjeu important. Alors que ces tests pourraient permettre de cibler les patients susceptibles de bénéficier le plus d'un traitement donné, la question de la compensation des surcoûts occasionnés par ces tests par un meilleur ratio coût-efficacité est amenée à se poser de façon vraisemblablement récurrente dans les années qui viennent.

L'organisation des soins sur le territoire est un enjeu majeur pour le système de santé dans les années à venir. Des investissements considérables sont en jeu, liés notamment à l'introduction dans le système de santé de nouvelles technologies de communication (consultations et prescription à distance, suivi à distance des patients). L'évaluation économique de ces nouveaux modes d'organisation des soins et de ces nouvelles technologies est un moyen précieux d'éclairer les grandes orientations à venir.

Ces débats, comme d'autres dans le domaine de la santé (amiante, sang contaminé, canicule de 2003), mettent en évidence la possibilité de divergence entre responsabilité politique et responsabilité collective : les décisions prises par le gouvernement sont sans doute le signe d'une aversion au risque bien plus élevée que celle de la collectivité dans son ensemble. En tant qu'individu pénalement responsable, le décideur politique n'est-il pas incité, lorsqu'il prend une décision de santé publique, à se couvrir personnellement au-delà de ce que justifierait l'intérêt collectif ? Le calcul économique en intégrant le risque aurait une vertu essentielle : celle de mettre cette tension en évidence dans les débats publics et d'éclairer ainsi les décisions publiques dans ce secteur.

La santé offre donc un terrain pertinent d'application des méthodes du calcul économique, même si les enjeux de santé publique ne peuvent être entièrement appréhendés par ce type d'outils et d'approches. Si des limites sérieuses existent, en raison notamment des considérations éthiques propres à certains dossiers, beaucoup peut être fait pour améliorer le débat public et la décision publique.

Le rôle et l'ambition de la HAS : la promotion et la mise en œuvre de la médico-économie

Pour ce qui concerne les politiques publiques de santé en France, plusieurs institutions sont concernées, ce qui ne facilite pas une appréciation globale du point de vue de la collectivité. Le risque lié à la consommation de médicaments (pharmacovigilance) est de la responsabilité de l'ANSM (Agence nationale de sécurité du médicament) qui est en charge de la mise sur le marché ; les risques spécifiques liés aux vaccins sont gérés par le CTV (Comité technique des vaccinations, auprès du Haut Conseil de la santé publique) ; les risque liés à la santé alimentaire sont gérés par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ; la prévention des risques est assurée par l'INPES (Institut national de prévention et d'éducation en santé), etc. Dans cet ensemble, la HAS (Haute Autorité de santé), bien qu'elle soit chargée de réaliser et de promouvoir les évaluations médico-économiques (évaluation du bénéfice-risque et, depuis 2008, de l'efficience de l'introduction de nouvelles technologies de santé), ne pratique pas encore de manière systématique et reconnue ce type d'approche.

La HAS aide les pouvoirs publics dans leurs décisions de remboursement des produits et services médicaux en émettant des avis sur l'utilité thérapeutique des médicaments, des dispositifs médicaux et des actes professionnels pris en charge par l'assurance maladie, ainsi que sur les affections de longue durée et sur les accords conventionnels. Ses avis s'appuient sur des évaluations médico-économiques. La HAS promeut les bonnes pratiques et le bon usage des soins auprès des professionnels de santé et des usagers de santé (recommandations professionnelles, guides de prise en charge des affections de longue durée, etc.). Elle a pour mission d'améliorer la qualité des soins en établissements de santé et en médecine de ville (certification des établissements de santé, évaluation des pratiques professionnelles). Elle informe les professionnels de santé et le grand public et travaille plus généralement à améliorer la qualité de l'information médicale (diffusion d'outils et de méthodes d'amélioration de la qualité des soins, information sur les infections nosocomiales, etc.). Elle développe la concertation et la collaboration avec les acteurs du système de santé en France et à l'étranger (programme de recherche, relations internationales, relations avec les collèges de professionnels et les sociétés savantes, relations avec les associations de patients et les usagers de santé).

La CEESP (Commission d'évaluation économique et de santé publique), mise en place par la HAS en juillet 2008, oriente et valide les travaux, documente la dimension collective des questions posées (dénommée SERC – Service rendu à la collectivité), elle propose des méthodes originales d'évaluation globale mobilisant l'ensemble des disciplines concernées et en lien avec les travaux internationaux d'évaluation. Le travail mené par les sous-commissions des économistes et des sciences humaines et sociales sur les guides méthodologiques va permettre de constituer progressivement un cadre référentiel et des outils opérationnels pour traiter des questions récurrentes (documenter de manière rationnelle et cohérente la notion économique de coût d'opportunité et de sacrifice consenti), de transmettre au décideur une évaluation lisible et complète lui donnant les moyens d'apprécier les enjeux (économiques, sociologiques, organisationnels, éthiques), tout en lui laissant le soin d'opérer la pondération entre critères (efficacité médicale, efficience, équité, faisabilité politique), d'alimenter le débat public en apportant plus de transparence et de contradiction dans la décision publique en santé. Cette commission contribue par ses productions à ce que la dimension d'efficience ou de coût d'opportunité soit prise en compte à la fois dans la décision publique et dans les décisions des professionnels.

Le guide méthodologique médico-économique de la HAS : un des piliers d'une analyse multidimensionnelle

La sous-commission des économistes de la CEESP a, en collaboration avec les services de la HAS, produit un guide méthodologique adapté au contexte institutionnel et opérationnel spécifique. Ce guide constitue une étape décisive de l'introduction de l'analyse économique dans l'évaluation des interventions de santé.

Il présente les principes et les méthodes qui ont été retenus et discutés. À l'instar de ce qui a été réalisé dans d'autres domaines d'évaluation de la HAS, ce travail de formalisation permet de garantir la rigueur, la transparence et l'homogénéité méthodologique des évaluations réalisées et de faciliter l'appropriation des conclusions auxquelles elles aboutissent en offrant aux professionnels de santé et décideurs institutionnels les clés pour comprendre la démarche suivie.

Ce document permet d'orienter la sélection de la littérature scientifique dans le cadre des revues systématiques que réalise la HAS et de définir les bases méthodologiques des études d'évaluation économique qu'elle entreprend, qu'elle initie ou qu'elle est amenée à expertiser.

Il permet aussi de définir les méthodes fondées du point de vue scientifique tout en préservant une préoccupation opérationnelle adaptée aux contraintes rencontrées dans l'évaluation et notamment du fait que les données disponibles peuvent être insuffisantes pour réaliser ces travaux.

Il a vocation à être actualisé régulièrement en fonction de l'avancée des pratiques et n'interdit pas l'adaptation, puisqu'il hiérarchise les préconisations : certaines recommandations doivent être systématiquement respectées dans l'évaluation, tandis que d'autres seront privilégiées mais pourront ne pas être suivies, dès lors que ce choix est dûment justifié.

Il permet en outre d'engager des analyses complémentaires fondées sur des choix méthodologiques non retenus dans l'analyse de référence, dès lors qu'elles contribuent à documenter l'évaluation économique.

Ce document n'est qu'un volet de la stratégie développée par la HAS en matière d'évaluation. L'évaluation économique requiert un nombre important de données de natures différentes (épidémiologiques, démographiques, cliniques, économiques, etc.) et de sources diverses (études, registres, bases de données administratives, etc.). Cette réalité suppose de mettre en œuvre par ailleurs un dispositif permettant de capitaliser les méthodes, les données spécifiques à la situation française qu'il faut pouvoir privilégier.

Compte tenu des problèmes que pose encore la disponibilité de ces données en France, la HAS souligne la nécessité de mettre en œuvre des collaborations entre les différentes parties prenantes, de manière à favoriser l'accessibilité aux données existantes (en particulier sur les coûts) et à encourager la production d'études sur des échantillons français (notamment lorsqu'il s'agit de calculer des scores de préférence). L'obtention de ces données permettrait d'améliorer la pertinence des évaluations économiques.

La HAS s'est ainsi engagée, d'une part, à mettre en place une veille méthodologique pour actualiser régulièrement ce document et, d'autre part, à développer des projets collaboratifs avec ses interlocuteurs scientifiques et institutionnels dans le but de contribuer activement au développement de l'évaluation économique en France.

Le guide méthodologique de la HAS

Ce document a pour objectif d'expliciter les méthodes d'évaluation économique que la HAS privilégie en vue de déterminer l'efficience d'une intervention de santé, par le calcul d'un ratio différentiel coût-résultat.

Les méthodes retenues sont applicables à l'évaluation de l'ensemble des interventions de santé. On entend par « intervention de santé » toute activité visant à préserver ou à améliorer la santé d'une population, qu'elle soit de nature diagnostique, thérapeutique, préventive, organisationnelle, etc. Ces méthodes couvrent l'ensemble des problématiques posées par la réalisation d'une étude d'évaluation économique : perspective, population d'analyse, comparateurs, horizon temporel et actualisation, qualité des données, mesure des résultats et des coûts, modélisation, gestion de l'incertitude, présentation des conclusions de l'évaluation et de ses limites.

L'évaluation économique en santé s'inscrit dans un contexte nécessairement pluridisciplinaire. Par conséquent, elle mobilise des données dont la production ne relève ni de son domaine disciplinaire, ni de sa compétence, mais de celle de l'évaluation clinique et de la santé publique (évaluation de l'effet traitement, de la performance diagnostique, de l'observance, de la tolérance et de la sécurité, etc.). Les méthodes de production et d'analyse de ces données font l'objet de guides méthodologiques spécialisés vers lesquels la HAS renvoie le lecteur qui souhaiterait obtenir des précisions à leur sujet. De même, le présent document ne contient pas de recommandations méthodologiques concernant la réalisation d'analyses d'impact budgétaire et renvoie au « Guide méthodologique pour la mise en place d'une analyse d'impact budgétaire » publié par le Collège des économistes de la santé.

Méthode d'élaboration

Le document a été élaboré sur la base d'un processus itératif de rédaction de documents de travail et de délibération. Une recherche documentaire a été réalisée pour identifier les recommandations méthodologiques publiées par des institutions nationales d'évaluation en santé à l'étranger. Cette recherche a permis d'identifier 14 références, qui ont fait l'objet d'une analyse transversale thématique afin d'établir un recensement des positions

méthodologiques en cours dans les autres institutions d'évaluation. Cette revue analytique des recommandations existantes a été complétée par une actualisation partielle du « Guide méthodologique pour l'évaluation économique des stratégies de santé » publié en 2003 par le Collège des économistes de la santé (CES). Cette actualisation, réalisée par le CES, a permis d'établir un état des lieux des avancées méthodologiques récentes. Le document de travail est disponible sur le site Internet de la HAS (www.has-sante.fr).

Des synthèses thématiques, rédigées par le service d'évaluation économique et de santé publique de la HAS, ainsi que le document de travail réalisé par le CES, ont été discutés au sein du groupe technique des économistes de la Commission d'évaluation économique et de santé publique (CEESP), constitué préalablement à ce projet. Les discussions ont également été alimentées par les présentations d'experts français et étrangers invités à exposer leur expérience sur l'utilisation de l'évaluation économique pour l'aide à la décision publique.

La compilation de ces différents travaux a donné lieu à la rédaction d'une première version du document, qui a été soumise à la Commission d'évaluation économique et de santé publique et au Collège de la HAS. Elle a ensuite été publiquement présentée à l'occasion des Rencontres HAS 2010. Puis, cette première version a été soumise au débat afin d'évaluer sa lisibilité et sa réception auprès de l'ensemble des acteurs concernés. Elle a donné lieu à des auditions et à une consultation publique, qui se sont déroulées entre le 2 décembre 2010 et le 10 février 2011.

Les auditions ont été organisées sur invitation des partenaires de la HAS en matière d'évaluation économique ou sur demande : sociétés savantes, directions ministérielles, assurance maladie obligatoire, industriels ou représentants des industriels, sociétés de consultants.

La consultation publique reposait sur un questionnaire conçu pour recueillir l'avis général sur le document ainsi que les commentaires sur les différents choix méthodologiques adoptés par la HAS. Pour chacun des choix méthodologiques présentés, il était demandé de se prononcer sur trois points : la clarté de l'énoncé ; la pertinence de la position adoptée et la faisabilité de la position adoptée. Vingt-trois questionnaires ont été complétés sur le site et trois réponses libres ont été envoyées à la HAS. Tous les commentaires ont été analysés et discutés au sein du groupe technique des économistes de la CEESP afin d'améliorer la version finale du document. La synthèse des commentaires qui ont été exprimés lors de la consultation publique et des auditions est disponible sur le site de la HAS, ainsi que la version finale du guide, intitulée « Choix méthodologiques pour l'évaluation économique à la HAS ».

Processus d'actualisation du document

La HAS souhaite que ce guide méthodologique s'inscrive dans un processus vivant d'amélioration et d'appropriation par les acteurs. C'est pourquoi cette première version sera actualisée autant que de besoin. D'une part, une activité de veille méthodologique a été programmée, afin de tenir compte des avancées théoriques et méthodologiques dans le champ de l'évaluation économique en santé. D'autre part, un suivi de la mise en pratique des recommandations énoncées permettra d'identifier et d'améliorer les éventuels points faibles de ce guide.

3.4. Au sein des établissements de santé

Le développement des compétences en matière d'évaluation économique au sein des établissements de santé

La circulaire DHOS/OPRC n° 2006-521 du 6 décembre 2006 relative au renforcement des délégations à la recherche clinique des CHU pour améliorer la diffusion des innovations diagnostiques et thérapeutiques coûteuses transforme les délégations à la recherche clinique (DRC) en délégations à la recherche clinique et à l'innovation (DRCI) et crée en leur sein des unités affectées à l'innovation dans lesquelles les compétences médico-économiques doivent être représentées. La mission de ces unités est double :

- intervenir au titre du programme national de soutien aux innovations coûteuses (STIC) ;
- œuvrer pour la sélection, la promotion et l'évaluation des innovations auxquelles chaque CHU pourrait vouloir recourir en dehors du programme national.

La mission de ces unités a été confirmée par la circulaire DGOS/PF4/2011/329 du 29 juillet 2011 relative à l'organisation de la recherche clinique et de l'innovation et au renforcement des structures de recherche clinique.

Dans une enquête conduite par la Direction générale de l'offre de soins (DGOS) auprès de 47 DRCI (43 réponses) en 2012, 31 DRCI déclarent posséder en interne des compétences médico-économiques (soit 72 %). Sur les 92 personnes identifiées comme ayant ces compétences, on dénombre 18 économistes de la santé, 33 médecins/pharmaciens, 22 méthodologistes/statisticiens et 19 autres professionnels de la recherche clinique. Les compétences médico-économiques sont donc présentes au sein de la majorité des DRCI mais elles sont revendiquées par des non-économistes, majoritairement des professionnels de santé.

Le programme de soutien aux technologies innovantes du ministère de la Santé

L'évolution du programme de soutien aux innovations du ministère de la Santé illustre bien l'évolution des attentes des pouvoirs publics par rapport à l'évaluation économique des stratégies de prises en charge et des technologies de santé.

Le programme de soutien aux technologies innovantes et coûteuses (STIC) est mis en œuvre en 2000 par la Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins (DHOS). Il vise à permettre un accès précoce à l'innovation par l'octroi d'un financement spécifique des établissements de santé (MIGAC). Il concerne des projets d'ampleur nationale. Les technologies de santé éligibles au financement du programme STIC sont validées par une étape préalable de recherche clinique (hors médicaments) et présentent un impact potentiel important dans le système de soins hospitaliers. Les objectifs initiaux du programme STIC sont les suivants :

- mieux répondre aux besoins exprimés par les établissements de santé pour améliorer la prise en charge des patients lorsque le financement d'innovations coûteuses est impliqué ;
- favoriser la diffusion harmonieuse des innovations ;
- évaluer des innovations sélectionnées aux plans médical et économique ;

- aider à préciser la place, les conditions d'utilisation, d'organisation et de diffusion de ces innovations dans le système de soins hospitalier et apporter une aide à la décision pour l'organisation des soins ;
- contribuer à promouvoir la structuration et l'organisation en réseau des professionnels concernés en vue de permettre l'émergence de consensus et de règles de qualité des pratiques.

Dans cette première phase, le programme STIC ne concerne que les innovations impactant le secteur hospitalier et l'évaluation, tant médicale qu'économique, accompagne la diffusion à large échelle des innovations (l'évaluation est donc d'un objectif secondaire). De 2000 à 2010, 119 projets de recherche ont été financés, dont 52 dédiés au cancer[1].

En 2011-2012, le programme STIC évolue de manière sensible. Son périmètre est étendu. Ses objectifs se modifient. Entretemps, en mars 2010, la DHOS est devenue DGOS (Direction générale de l'offre de soins). Les innovations éligibles sont des technologies de santé à vocation diagnostique, thérapeutique ou de dépistage (à l'exception des médicaments) se situant en phase de première diffusion, de mise sur le marché ou de commercialisation et dont l'efficacité et la sécurité ont été validées de manière comparative en recherche clinique. À partir de cette date, le programme a pour fonction principale la réalisation d'études comparatives dont l'objectif est de démontrer l'utilité clinique et médico-économique des innovations évaluées. Les résultats de ce programme doivent permettre de faciliter et d'accélérer l'évaluation de l'innovation, notamment par la Haute Autorité de santé (HAS), en vue d'une prise en charge optimale par la collectivité. Le programme STIC se situe ainsi en amont du processus d'évaluation de la HAS.

L'évaluation clinique et économique devient donc l'objectif principal (le nombre de centres susceptibles de participer à la recherche est contraint entre 5 et 10). L'impact sur le système de soins hospitaliers n'apparaît plus parmi les critères d'éligibilité des technologies de santé au programme STIC.

La dernière évolution amène la DGOS à changer le nom du programme, le STIC devient PRME, pour Programme de recherche en médico-économie (2013). La DGOS étend le périmètre : les médicaments et les comparaisons de stratégies de prise en charge intégrant des technologies de santé déjà intégrées dans l'offre de soins (non nécessairement innovantes) entrent dorénavant dans le champ de l'appel à projets. D'un point de vue méthodologique, le guide élaboré par la HAS devient le référentiel pour l'évaluation médico-économique des projets soumis.

Cette histoire du programme de soutien aux innovations du ministère de la Santé met en évidence un triple déplacement :

- en termes de finalités, du financement des innovations à l'évaluation
- en termes de perspective, du seul secteur hospitalier à l'ensemble du système de soins ;
- en termes de périmètre, des innovations coûteuses aux stratégies de prises en charge intégrant une dimension technologique ;

(1) Carbonneil C. (2011), « Du programme de soutien aux technologies innovantes et coûteuses au programme de soutien aux techniques innovantes coûteuses ou non : une évolution nécessaire », *Revue hospitalière de France*, n° 543, novembre-décembre.

Par ailleurs, l'articulation des interventions du ministère de la Santé et des travaux de la Haute Autorité de santé est recherchée.

Les procédures décrites ci-dessus s'appliquant aux technologies de santé, la situation est un peu différente pour ce qui concerne les infrastructures hospitalières. Le processus d'instruction des dossiers comprend les trois éléments ci-dessous.

Une **description du projet de l'établissement** est un préalable : objectifs poursuivis, dimensionnement, calendrier, éventuel découpage en tranches, grandes alternatives écartées, mode de réalisation retenu (maîtrise d'ouvrage publique, conception-réalisation, partenariat public-privé, etc.).

Une analyse de la cohérence du projet avec l'organisation territoriale de l'offre de soins est nécessaire : partant de prévisions sur l'évolution de la population, ainsi que de l'évolution prospective de l'établissement et des autres acteurs de santé voisins, il importe de démontrer la cohérence du projet avec le Schéma régional d'offre de soins (SROS), les besoins de restructuration de l'offre de soins et le schéma directeur de l'établissement et de ses concurrents.

Le **dimensionnement** s'appuie sur des hypothèses d'activité à expliciter, et un calcul de capacités à valider au regard de l'offre territoriale de soins et de l'évolution des prises en charge. L'organisation spatiale, fonctionnelle et technique doit être précisée, ainsi que le coût des travaux et leur calendrier.

Le **plan de financement** envisagé doit ensuite être détaillé en estimant en particulier les impacts financiers de l'exploitation future en charges comme en recettes et en proposant une structure de financement appuyée sur la capacité d'autofinancement, la valorisation éventuelle du patrimoine, le recours possible à l'endettement et les aides ou subventions envisageables.

Un dossier d'évaluation de ce type peut être construit par l'établissement concerné et complété par l'Agence régionale de santé (ARS) dont il dépend. Il comporterait suffisamment d'éléments pour qu'une contre-expertise indépendante puisse être menée sur l'opportunité du projet envisagé. Il semblerait important d'intégrer de manière explicite l'incertitude dans ce processus d'instruction.

3.5. Conclusions et recommandations : organiser le recours croissant au calcul économique

Le calcul économique dans l'analyse des politiques publiques en santé est en cours de structuration (pratiques de la HAS, encadrement par la loi LFSS[1], pratiques qui se diffusent dans de nombreuses administrations et institutions). Même si l'approche économique ne va pas de soi et qu'elle peut poser un problème d'acceptabilité sociale, elle constitue un élément important du débat : arbitrage sur l'allocation des ressources, cadre de discussions avec les industriels ; cette approche doit être renforcée.

L'utilité sociale du calcul économique, une fois comprise, dépend aussi en partie de son appropriation par l'ensemble des acteurs. La qualité du processus de production

(1) Loi de financement de la sécurité sociale.

d'un cadre de référence unique représente un enjeu important pour améliorer l'organisation du débat sur l'utilité sociale des dépenses publiques.

Garantir la neutralité des valeurs de référence : la production des méthodes d'évaluation de ces valeurs doit pouvoir être élaborée de manière indépendante des préoccupations du moment, notamment de celles des lobbies qui se forment sur tel ou tel projet. Ces valeurs doivent être produites dans un lieu ouvert et reconnu, associant des expertises diverses garantissant et crédibilisant les normes proposées. Le processus de production lui-même doit être transparent pour pouvoir être contesté.

Assurer la continuité du processus de coproduction du système de valeurs : il importe également que le processus ne soit pas figé pour qu'il reste en phase avec la réalité sociale. Cela suppose la permanence dans le temps du cadre de production de ces valeurs. Ce cadre doit assurer l'interaction entre les utilisateurs de ces valeurs, les attentes et les préoccupations de la population comme des décideurs, ainsi qu'entre la recherche théorique et la recherche appliquée. Il est notamment nécessaire d'élargir le spectre des valeurs en s'attachant à ce qui est le plus difficile à appréhender et qui touche par exemple à l'équité territoriale et sociale, ou encore à l'appréhension des effets de long terme.

Diminuer le coût d'usage des outils : une des difficultés importante pour la diffusion de tels référentiels réside dans leur usage parfois coûteux en temps. Le réduire passe par le développement de guides de bonnes pratiques. Ces guides, comme celui initié par la HAS, sous réserve qu'ils émanent d'échanges entre professionnels des secteurs et universitaires, pourraient conduire à définir des procédures opératoires susceptibles d'encourager la généralisation de ces pratiques d'évaluation. Leur élaboration permettrait aussi de répertorier les points sur lesquels des études et des recherches mériteraient d'être lancées. Cela passe ensuite par l'animation et la formation sur le long terme des personnes susceptibles de concevoir, de réaliser ou de piloter des travaux d'évaluation de ce type.

Inscrire la production de ces valeurs dans un processus politique d'évaluation : ces valeurs (un système de prix relatif pour des biens qui n'ont pas de prix) correspondent à un bien collectif que la collectivité doit décider de mettre à disposition des utilisateurs potentiels. On peut considérer qu'il existe des usagers potentiels intéressés à se référer à de telles valeurs pour alimenter leur argumentaire, demander des compensations ou des indemnités, défendre ou promouvoir un projet, etc. Mais cette demande ne s'exprime guère. Et l'investissement dans ce processus de production ne peut sans doute être entrepris que s'il est porté par des moyens et une volonté politique qui est en droit d'exiger, en contrepartie, un réel effort pour mesurer l'utilité que la collectivité accorde à tel ou tel attribut.

La HAS a construit un premier cadre référentiel (guide méthodologique) qui est appelé à évoluer en fonction des pratiques. Celui-ci est essentiel pour la HAS, car il fixe une doctrine, il encadre les relations avec les industriels pour le montage des dossiers de remboursement ou de fixation des prix. Ce type d'approche se diffuse à d'autres acteurs en santé publique : la DGOS sur les STIC (soutien aux technologies innovantes), le Comité technique des vaccinations pour l'évaluation des stratégies vaccinales.

Plusieurs éléments apparaissent dans les débats qui ont eu lieu au sein de la commission Quinet, sur lesquelles les réflexions concertées doivent progresser et qui apparaissent comme autant de recommandations pour le développement du calcul économique dans le secteur de la santé :

- les approches actuelles en santé s'appuient principalement sur une analyse coût-efficacité (où l'on rapporte le gain en santé aux euros investis) ou encore coût-utilité (où l'on rapporte le gain en santé évalué par les QALY gagnés aux euros investis). Les approches coût-avantage apparaissent plus difficiles à appliquer en raison de l'usage de la monétarisation des gains de santé (comme l'usage de la valeur statistique de la vie humaine), ces dernières mériteraient d'être entreprises au moins comme analyse complémentaire ;
- choix des interventions à comparer : la définition de la situation de référence peut poser de nombreux problèmes pratiques sur lesquels les cadres et les pratiques devraient être davantage normés. (Faut-il considérer les pratiques courantes où celles qui sont recommandées ? faut-il considérer l'abstention thérapeutique par exemple ?, etc.) ;
- l'usage de l'indice QALY est admis et même recommandé mais la question du seuil comme règle de décision reste en discussion (niveau d'effort financier à consentir pour une année de vie en bonne santé supplémentaire au-delà duquel la collectivité pourrait renoncer à s'engager). Il paraît important d'engager les réflexions sur ce que pourrait être ce seuil en France et les conditions dans lesquelles celui-ci pourrait être utilisé. Ce travail doit être mené en articulation avec celui sur la valeur statistique de la vie humaine définie par ailleurs et aborder la question de l'évolution du QALY au cours du temps ;
- l'usage du taux d'actualisation sur les gains en santé fait l'objet de discussion notamment pour les projets de prévention qui pourraient être pénalisés par ce type d'approche. Il est recommandé d'utiliser le taux d'actualisation défini dans ce rapport et d'intégrer l'analyse de l'incertain et des risques. Les évaluations doivent permettre au décideur de saisir le degré d'incertitude entourant la conclusion de l'évaluation ;
- le choix de l'horizon temporel reste problématique. Il doit être suffisamment long pour être en cohérence avec l'histoire naturelle des maladies, la prise en charge des patients. Les résultats de santé et les coûts doivent être considérés sur une même période de manière à intégrer tous les effets attendus des interventions évaluées ;
- la question des données : les évaluations économiques doivent reposer sur les données de résultat et de coût disponibles les plus récentes, présentant le meilleur niveau de qualité tout en correspondant à la situation réelle (on doit privilégier les données françaises, les données cliniques issues d'essais contrôles randomisés et les données issues d'études observationnelles de bonne qualité, les données de consommation de ressources issues d'études empiriques ; le recours à un panel d'experts est à utiliser avec prudence). Le statut des données et leur accessibilité est une question cruciale pour la qualité des évaluations. L'accès aux données, notamment celles de la CNAMTS et du SNIIR-AM[1], doit être facilité pour l'évaluation ;

(1) CNAMTS : Caisse nationale de l'assurance maladie des travailleurs salariés ; SNIIR-AM : Système national d'information inter-régimes de l'assurance maladie.

– la modélisation est un élément central des évaluations qui doit faire l'objet d'une attention toute particulière (choix du modèle, calibration des paramètres du modèle, intégration de l'incertitude.

La commission, en accord avec les orientations de la HAS, recommande de s'engager résolument dans cette voie du calcul économique ; elle permet d'éviter de réduire dans les faits la mesure de l'utilité sociale aux seuls flux financiers, ce qui constitue un appauvrissement considérable du rôle de la puissance publique, puisqu'on s'interdit alors de « mesurer » le bien-être que produisent les dépenses publiques. L'intérêt commun impose de lutter contre l'appauvrissement du calcul économique, car il s'agit de la seule alternative possible aux décisions arbitraires ou strictement financières pour saisir l'intérêt général dans le long terme.

ANNEXES

Annexe 1

Lettre de mission

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREMIER MINISTRE

Centre d'analyse stratégique

Le Directeur général

Paris, le 20 AVR. 2012

Monsieur le Professeur,

L'évaluation socioéconomique constitue pour les pouvoirs publics un instrument traditionnel d'aide à la décision publique en particulier pour les grands projets d'infrastructure et de service dans le secteur des transports. Les travaux menés par le Commissariat général du plan (rapports dits « Boiteux 1 (1994) », « Boiteux 2 (2001) », et « Lebègue (2005) ») en ont défini les principes. Ceux du Centre d'analyse stratégique (rapport dit « Quinet (2008) » sur la valeur de la tonne carbone, rapport « Chevassus-au-Louis (2009) » sur la valeur de la biodiversité, rapport « Gollier (2011) » sur la prise en compte du risque) ont permis d'en préciser certaines règles et de définir la valeur d'un certain nombre de paramètres essentiels.

Ces différents travaux, l'amélioration des connaissances scientifiques, ainsi que l'évolution de la situation économique, rendent nécessaire de réactualiser les principes du calcul socioéconomique et de mettre en cohérence l'ensemble des réflexions.

À cette fin, et dans la lignée des rapports précédents, je vous serais reconnaissant de mettre en place un groupe de travail associant les différents acteurs du calcul socioéconomique.

Après un état des lieux de la pratique du calcul économique en France et à l'étranger, vos travaux porteront en particulier sur :

Monsieur Émile QUINET
Professeur
Paris School of Economics
École des Ponts ParisTech
48, boulevard Jourdan
75014 Paris

www.strategie.gouv.fr
Centre d'analyse stratégique - 18, rue de Martignac - 75700 Paris SP 07 - Tél. 01 42 75 60 00 - strategie@strategie.gouv.fr

- l'actualisation des différents chapitres du rapport Boiteux de 2001 sur le choix des investissements et le coût des nuisances dans le domaine des transports ;
- la cohérence des valeurs du taux d'actualisation et de la prime de risque à la suite des rapports Lebègue (2005) et Gollier (2011), avec notamment des recommandations sur le calcul du risque pour les maîtres d'ouvrage publics et sur l'importance et les moyens de lutter contre les biais d'optimisme ;
- l'actualisation du coût d'opportunité des fonds publics.

Vous mènerez en outre une réflexion sur la possibilité et l'opportunité de prendre en compte :

- certains « bénéfices économiques élargis » des infrastructures de transport (effets d'agglomération notamment) ainsi que, plus généralement, leurs effets sur l'économie ;
- les aspects sociaux des investissements.

Si ces travaux ont vocation à s'appliquer en premier lieu aux infrastructures de transports, vous examinerez les conditions de leur généralisation à d'autres secteurs (énergie, santé notamment), dont les pratiques d'évaluation socioéconomique actuelles pourront aussi alimenter vos réflexions.

Au-delà de ce travail méthodologique, vous vous interrogerez, en menant des consultations aussi larges que nécessaire, sur la manière dont s'insère aujourd'hui l'évaluation socioéconomique dans la prise de décision publique, et formulerez des recommandations pour en améliorer la gouvernance, au regard notamment des expériences étrangères.

Nous souhaiterions disposer de vos premières conclusions sur ces sujets dans un délai de neuf mois.

Je vous prie de croire, Monsieur le Professeur, à l'expression de ma considération distinguée.

Vincent CHRIQUI

2

Annexe 2

Composition de la mission

Président

Émile Quinet
École d'économie de Paris

Rapporteur général

Luc Baumstark
Centre d'analyse stratégique
Université de Lyon

Rapporteurs

Julien Bonnet
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Aurélien Croq
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Géraldine Ducos
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

David Meunier
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD

Quentin Roquigny
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – DG Trésor

Coordinateurs

Dominique Auverlot
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Aude Rigard-Cerison
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Assistante

Élise Martinez
Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Membres

Claude Abraham
Ingénieur général honoraire des Ponts et Chaussées

Philippe Ayoun
Direction générale de l'aviation civile

Michel Badré
Autorité environnementale

Jean-François Barthélémy
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – SETRA

Jean-Jacques Becker
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD

Bruno Bensasson
GDF Suez

Jean Bergougnoux
Consultant, président d'honneur de la SNCF, directeur général honoraire d'EDF

Jean-Pierre Bompard
CFDT

Xavier Bonnet
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD

Sandrine Bourgogne
Confédération générale des petites et moyennes entreprises – CGPME

Jean-Paul Bouttes
EDF

Deniz Boy
DATAR

Nicolas Brutin
Voies navigables de France

Dominique Bureau
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CEDD

Alain Capmas
Mouvement des entreprises de France – MEDEF

Louis Cayeux
Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles – FNSEA

Pascal Chambon
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Alain Chouguiat
Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment – CAPEB

Pascaline Cousin
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DREAL

Gilles Croquette
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Laurence Debrincat
Syndicat des transports de l'Île-de-France

Xavier Delache
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – SETRA

Daniel Delalande
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGEC

Damien Denizot
Assemblée des communautés de France

Benoît Dervaux
Institut de recherche et documentation en économie de la santé

Philippe Domergue
SNCF

Pierre Douillard
ADEME

Pierre Franc
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Stéphane Gallon
Caisse des Dépôts

Yves Geffrin
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD

Bruno Genty
France Nature Environnement

Cécile George
Commission de régulation de l'énergie

Yves Giquel
Force ouvrière

Alain Grandjean
Fondation Nicolas Hulot pour la nature et l'homme

Claude Gressier
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Jean-Bernard Kovarik
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Bernard Labat
Humanité & Biodiversité

Henri Lamotte
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – CEGEFI

Richard Lavergne
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGDD/DGEC

André Leuxe
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – DGITM

Hélène Marchal
Union nationale des associations familiales

Grégoire Marlot
Réseau ferré de France

Emmanuel Massé
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – DG Trésor

Michel F. Massoni
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGEDD

Joël Maurice
École des Ponts ParisTech (ENPC)

Pierre Messulam
SNCF

Pascal Mignerey
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGEDD

François Moisan
ADEME

Patrice Moura
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – Mission de contrôle économique et financier des transports

Olivier Nalin
Syndicat des transports de l'Île-de-France

Jincheng Ni
SNCF

Jean-Yves Ollier
Commission de régulation de l'énergie

Jean-Paul Ourliac
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGEDD

Marc Papinutti
Voies navigables de France

Jean-Claude Prager
Société du Grand Paris

Nicolas Riedinger
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – DG Trésor

Lise Rochaix
Haute Autorité de santé

Nahalie Roy
Union professionnelle artisanale

Noël de Saint-Pulgent
Ministère de l'Économie, des Finances et du Commerce extérieur – Mission de contrôle économique et financier des transports

Simone Sitbon
Union nationale des associations familiales

Gwénola Stephan
Association des maires de France

Jean-Pierre Taroux
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGEDD

Anne Varet
ADEME

Benoît Vergriette
Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

Annexe 3

Intervenants

Réunion du 24 mai 2012

Émile Quinet, professeur – École des Ponts ParisTech
Présentation des principaux objectifs de la mission, de la méthodologie de travail et des travaux engagés par les différents rapporteurs

Luc Baumstark, doyen de la Faculté de sciences économiques et de gestion – Université Lumière Lyon 2
Présentation du calcul socioéconomique et des différents travaux réalisés par le Plan et le CAS

Michel Badré, président de l'Autorité environnementale – CGEDD
Évaluation socioéconomique des infrastructures de transport : quelques constats et réflexions de l'Autorité environnementale

Jean Bergougnoux, consultant, président d'honneur de la SNCF, directeur général honoraire d'EDF, et ancien président de CPDP
Retour d'expérience de trois débats publics

Michel-F. Massoni, coordonnateur du collège Économie et régulation – CGEDD
Utilisation de l'ACB dans la prise de décision publique – Le cas des transports

Réunion du 26 juin 2012

Michel-F. Massoni, coordonnateur du collège Économie et régulation – CGEDD
Analyse comparative des méthodes d'évaluation : le rapport 2005 du CGPC
Les enseignements du projet HEATCO

Kurt Van Dender, Chief Economist – International Transport Forum (ITF)
Transport project appraisal – Some notes on CBA practice and prospects

Tom Worsley, Visiting Fellow in Transport Policy – University of Leeds
Cost Benefit Analysis in England

Jan-Anne Annema, Professor in Transport Policy Analysis – Delft University of Technology, Policy and Management
The Netherlands practice of cost-benefit analysis

Patrick Bœuf, chef de la division Route – Banque européenne d'investissement
Pratique de l'évaluation économique à la BEI

Réunion du 10 juillet 2012

David Meunier, chargé de mission « Évaluation socioéconomique » – CGDD
La pratique du calcul économique dans les transports en France

Fabien Roques, directeur – IHS CERA
Le calcul économique dans l'énergie

Lise Rochaix, membre du Collège de la Haute Autorité de santé
De l'utilité … voire du recours au calcul socioéconomique en santé

Benoît Dervaux, directeur de recherche associé, économiste de la santé – Institut de recherche et documentation en économie de la santé
Guide méthodologique – Choix méthodologiques pour l'évaluation économique à la HAS

Réunion du 17 septembre 2012

Grégoire Marlot, chef du service Économie et régulation – Réseau ferré de France
Les évaluations socioéconomiques à RFF

David Delcampe, chef de groupe du Service Transport Intermodalité PCI – CETE du Sud-Ouest, et **Muriel Etcheverry**, chargée d'étude en Transport et déplacement – CETE du Sud-Ouest
Présentation de l'évaluation ex-ante *de la liaison Pau-Oloron*

Pierre Le Bourhis, directeur d'étude – CETE de l'Ouest
Présentation du bilan ex-post *de l'A28*

Réunion du 15 octobre 2012

Émile Quinet, professeur – École des Ponts ParisTech
Présentation d'un premier projet de plan de rapport

David Meunier, chargé de mission « Évaluation socioéconomique » – CGDD
Modèles de trafic

Aurélien Croq, chargé de mission – Centre d'analyse stratégique
Prise en compte du bruit

Géraldine Ducos, chargée de mission – Centre d'analyse stratégique
Biodiversité, pollution et autres externalités

Luc Baumstark, doyen de la Faculté de sciences économiques et de gestion – Université Lumière Lyon 2
L'actualisation du référentiel pour apprécier la valeur d'un effort visant à réduire un risque mortalité-morbidité dans les évaluations coûts-avantages

Réunion du 23 octobre 2012

Lars Hultkrantz, professeur – Örebro University Business School
Cost-Benefit Practices and Guidelines in Sweden (and Norway)

Werner Rothengatter, professeur – Karlsruhe Institut für Technologie
La pratique du calcul socioéconomique en Allemagne

Michel Bellier, ingénieur général des Ponts, eaux et forêts – Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie – CGEDD/S2
L'évaluation économique des projets transport par la Banque mondiale

Réunion du 12 novembre 2012

Alain Ayong Le Kama, professeur d'économie – Université Paris Ouest
Usage des modèles macroéconomiques dans l'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics

Marc Ivaldi, chercheur – Toulouse School of Economics
Analyse coût-bénéfice dans un contexte de concurrence imparfaite

Marc Gaudry, professeur en science économique – Centre de recherche sur les infrastructures en béton
Les modèles de trafic – état des lieux

Luc Baumstark, doyen de la Faculté de sciences économiques et de gestion – Université Lumière Lyon 2
Valeur de la vie humaine

Réunion du 10 décembre 2012

Quentin Roquigny, Bureau « Économie des réseaux », Sous-direction des Politiques sectorielles, Service des Politiques publiques – Direction générale du Trésor
Valeurs du temps et assimilés

Matthieu de Lapparent, chercheur – Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
Externalités d'agglomération et modèles LUTI

Kurt Van Dender, Chief Economist – International Transport Forum
La concurrence imparfaite

Réunion du 17 décembre 2012

Joël Maurice, inspecteur général des Ponts et Chaussées
Coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP)

Jean Bergougnoux, consultant, président d'honneur de la SNCF, directeur général honoraire d'EDF, et ancien président de CPDP
Calcul socioéconomique et décision publique : l'exemple des transports

Réunion du 22 janvier 2013

Géraldine Ducos, chargée de mission – Centre d'analyse stratégique
Biodiversité, pollution et autres externalités

Luc Baumstark, doyen de la Faculté de sciences économiques et de gestion – Université Lumière Lyon 2
Taux d'actualisation et prise en compte du risque

Quentin Roquigny, Bureau « Économie des réseaux », Sous-direction des Politiques sectorielles, Service des Politiques publiques – Direction générale du Trésor
Valeurs du temps et assimilés

Réunion du 17 avril 2013

Luc Baumstark, doyen de la Faculté de sciences économiques et de gestion – Université Lumière Lyon 2
Benoît Dervaux, Lille, HAS-CEESP
Point sur la note « valeur de la vie humaine »

Lise Rochaix, **Patrick Sales**, HAS
Expérience de la HAS dans la mise en œuvre du calcul économique en santé

Benoît Dervaux, Lille, HAS-CEESP
Jérôme Wittwer, université Paris Dauphine, HAS-CEESP
Cédric Carbonneil, ministère de la Santé – DGOS
Les enjeux et perspectives dans le secteur de la santé

Annexe 4

Remarques des membres de la mission

Avis de France Nature Environnement sur l'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures et son intégration au processus de concertation en France

Avis communiqué dans le cadre des travaux du Commissariat général à la stratégie et à la prospective

(Groupe présidé par Émile Quinet)

12 mars 2013

Résumé

Dans le présent avis, France Nature Environnement (FNE) propose de mener une réflexion critique sur la *capacité* et la *légitimité* du calcul socioéconomique en matière d'évaluation des impacts positifs et négatifs d'un projet d'aménagement sur la société, la santé et l'environnement, ainsi que sur l'intégration de ces impacts monétarisés au processus de concertation et de décision.

Du point de vue économique, les préférences ne s'expriment pas toujours, ne peuvent pas toujours s'exprimer, sous forme de choix économiques. L'argent ne peut donc pas constituer la mesure de toutes choses. En particulier, l'hypothèse de substituabilité parfaite entre les biens publics non marchands ou la vie humaine et le revenu des individus (hypothèse sur laquelle reposent les méthodes économiques d'évaluation monétaire de ces biens) nous semble fondamentalement erronée.

Du point de vue éthique, aucune approche scientifique ne peut décider du caractère juste ou souhaitable d'un choix politique ni constituer l'instrument ultime d'aide à la décision. Le calcul socioéconomique ne peut ainsi prétendre, sur la base de calculs mathématiques (même très sophistiqués), donner la mesure de toutes choses ni justifier du sens de l'action publique.

Du point de vue politique, la recherche de plus en plus accentuée d'une rationalité économique totale présente le danger majeur de réduire toutes les valeurs, au sens plein du terme, à une simple dimension monétaire, parfois totalement artificielle et inadéquate, évacuant le caractère multidimensionnel, irréductible et potentiellement conflictuel des valeurs qui entrent en jeu dans le processus de décision.

Pour FNE, le calcul socioéconomique ne peut être au cœur de la décision publique et prétendre réconcilier de manière pertinente tous les acteurs, même de bonne volonté. La prise de décision doit rester un *problème* politique. FNE s'inscrit donc en faux contre l'idée selon laquelle il faudrait aujourd'hui étendre les champs de compétences et d'application du calcul socioéconomique à toutes les dimensions d'un projet et à tous les secteurs impliquant des choix et des prises de décisions politiques (transports, santé, énergie, etc.).

FNE propose à l'inverse de marquer clairement les limites de l'approche économique pour la prise de décision, de revoir le cadre de la concertation et de développer les travaux, les recherches et les retours d'expérience en matière d'analyse multicritère.

Pour France Nature Environnement, l'évaluation socioéconomique des projets d'aménagement, telle qu'elle est promue actuellement, telle qu'elle est examinée et promue dans le cadre des travaux du groupe Quinet et telle qu'elle est aujourd'hui pratiquée, pose problème. Elle est en effet **sous-tendue par un idéal de rationalité totale**, dont les travaux menés jusqu'à présent par de nombreux économistes constituent une quête illusoire et contestable.

France Nature Environnement n'a volontairement pas contribué aux travaux du groupe Quinet, en raison de ses réticences en matière d'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures. FNE a demandé à être tenue informée de l'avancement des travaux et a proposé de rédiger le présent avis sur la démarche même de l'évaluation socioéconomique des projets et sur les problèmes que pose son intégration au processus de concertation et de décision en France.

En particulier, FNE s'inscrit en faux contre l'idée selon laquelle le calcul économique devrait devenir l'outil privilégié de la prise de décision, et selon laquelle il faudrait aujourd'hui étendre les champs de compétences et d'application du calcul socioéconomique à toutes les dimensions d'un projet et à tous les secteurs impliquant des choix et des prises de décisions politiques (transports, santé, énergie, etc.).

Dans la version projet du rapport rédigé par le groupe Quinet (26 février 2013), il est écrit :

> *« D'une manière plus générale, on doit constater que le calcul économique est actuellement trop peu utilisé. Idéalement, celui-ci devrait permettre de comparer et interclasser tous les investissements publics. On constate en fait qu'il est d'application réduite à un petit nombre de secteurs, essentiellement les transports et l'énergie, et là encore souvent restreint aux choix d'investissements. Il n'est présent que de façon très sporadique dans les autres. C'est négliger les apports qu'il peut avoir pour une meilleure décision publique, à la fois par son extension*

dans les secteurs où il est déjà appliqué et par son introduction dans ceux où il ne l'est pas[1] *».*

FNE exprime ici un désaccord de fond.

La méthode générale de l'évaluation socioéconomique des projets porte en effet en elle une idée que nous voulons discuter et réfuter : le calcul socioéconomique pourrait constituer la mesure de toutes choses.

Or, si la mesure de la rentabilité *financière* d'un projet est bien évidemment du ressort du calcul économique, il est en revanche important de se demander si le calcul économique *peut*, d'une part, fournir une mesure adéquate des impacts positifs et négatifs d'un projet sur la société, la santé et l'environnement, et s'il peut, d'autre part, comptabiliser de tels impacts monétarisés, au même titre que des flux financiers, dans le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet en utilisant un taux d'actualisation positif.

Rappelons à ce titre qu'appliquer un taux d'actualisation positif aux impacts monétarisés d'un projet sur la société, l'environnement et la santé revient à faire diminuer dans le temps la valeur de ces impacts, jusqu'à rendre cette valeur nulle à un horizon plus ou moins rapproché selon le taux utilisé (quelques dizaines d'années parfois, alors même que ces impacts se feront sentir sur des générations).

Le choix du taux d'actualisation revient à faire des hypothèses fortes sur la capacité des générations futures à s'adapter aux dommages environnementaux que nous générons aujourd'hui et que nous leur léguons massivement. Ce choix n'est donc pas anodin et n'est pas sans conséquences sur le résultat final de l'évaluation socioéconomique.

L'éventail des impacts considérés pour un projet est extrêmement large et comprend notamment : pollution (air, eaux, sols), biodiversité, morbidité, mortalité, temps gagné ou perdu, paysages, bruit, sécurité, effets macroéconomiques (croissance, emplois), externalités d'agglomération (effets de coupure, congestion, destruction du cadre de vie, etc.), modification de l'occupation des sols, modification et impact de la densité d'emploi sur la productivité du travail, etc.

Les coûts engendrés par certains de ces impacts, comme les coûts d'adaptation, d'évitement, de traitement ou de remplacement fournissent des informations précieuses quant au poids économique de ces impacts pour la société. Leur intégration à l'évaluation socioéconomique des projets ne fait pas débat.

En revanche, **la question se pose pour les méthodes économiques se donnant pour objectif de calculer la valeur économique totale**[2] **de « biens » tels que la biodiversité, les paysages, la qualité de l'air, de l'eau, des sols ou encore la vie humaine**, ceci afin de mesurer le coût ou le bénéfice total d'un impact sur le bien-être des individus et de la société.

(1) Centre d'analyse stratégique, Version projet du rapport « L'évaluation socioéconomique des investissements », 26 février 2013, page 23.
(2) La valeur économique totale comprend les valeurs instrumentales (usages directs et indirects, option), la valeur intrinsèque (valeur d'existence) et la valeur patrimoniale.

Dès lors, il nous semble important de mener une réflexion critique sur la *capacité* et la *légitimité* du calcul économique en la matière : une critique d'ordre économique, éthique et politique.

Du point de vue économique

Tout d'abord, il nous semble fondamental d'affirmer que l'argent ne peut pas constituer la mesure de toutes choses. Or, c'est précisément l'idée inverse qui sous-tend les méthodes d'évaluation socioéconomique des dommages et bénéfices sociaux, sanitaires et environnementaux des projets, méthodes basées sur les notions de consentements à payer et de consentements à recevoir de l'argent en « échange » d'un bien public non marchand (qualité de l'air, de l'eau, des sols, biodiversité, etc.) ou d'une année de vie humaine.

Une hypothèse fondamentale(ment) erronée

Il s'agit là d'une dérive utilitariste profondément enracinée dans la théorie économique à l'origine de ces méthodes. Cette dérive fut progressive et marquée principalement par les travaux de Marshall (calcul du surplus du consommateur), de Hicks (variations compensatrices et équivalentes du revenu, à la base des concepts de consentements à payer et de consentements à recevoir), et de Mäler, qui développa l'hypothèse de substituabilité parfaite des biens publics non marchands au revenu des consommateurs. Cette dérive a finalement conduit à **réduire le concept de valeur à celui d'utilité et la notion de choix à celle d'indifférence.**

Or, faire l'hypothèse d'une parfaite substituabilité entre les biens publics non marchands ou la vie humaine et le revenu des individus revient à affirmer que les individus sont incapables d'un quelconque comportement éthique envers ces biens, car *tout* devient alors échangeable contre de l'argent. Cela revient à exclure la possibilité même, pour chaque individu, d'une hiérarchisation absolue des valeurs et non simplement relative. Or, cette hiérarchisation absolue des valeurs existe chez les individus, ce que le calcul socioéconomique passe, de force, sous silence.

La méthode d'évaluation contingente[1], élaborée dans ce cadre précis, illustre pleinement la logique sur laquelle repose l'évaluation monétaire des biens non marchands, et rencontre (sans surprise) de manière récurrente de sérieux problèmes d'application, pour une raison simple : **les préférences ne s'expriment pas toujours, ne *peuvent pas* toujours s'exprimer, sous forme de choix économiques**.

L'exemple de la valeur de la vie humaine

L'évaluation économique de la vie humaine constitue un bon exemple de cette dérive. Il y a un vrai problème, à la fois économique et moral, à vouloir attribuer une valeur monétaire à la vie humaine, que cette vie soit considérée comme une « vie statistique », c'est-à-dire anonyme, ou pas.

(1) Approche qui « se généralise et devient un standard en la matière », comme le souligne le groupe Quinet.

Le problème posé par cette valorisation[1] est tel que les économistes ont été obligés de mettre en place, dans le cadre des évaluations contingentes[2], des *scénarios acceptables du point de vue moral et plausibles du point de vue économique*, à présenter aux personnes interrogées.

Les exemples sont nombreux : il peut s'agir de proposer de financer un programme de réduction des impacts sanitaires de la pollution de l'air par une augmentation d'impôts, ou encore de proposer aux personnes interrogées d'augmenter leur espérance de vie en achetant un « médicament » ou des « vitamines ».

Cette technique vise à éluder la véritable question sous-jacente à l'enquête, à savoir « Combien d'argent seriez-vous prêt à payer pour éviter une mort prématurée ? ». Posée en ces termes, cette question suscite en général deux types de réponses : soit les personnes interrogées la jugent déplacée, voire indécente, et déclarent un consentement à payer nul (rejet) ; soit les personnes interrogées fournissent un fort consentement à payer sans rapport avec leur revenu. Dans les deux cas, **l'exercice de substitution entre le revenu et la vie humaine est refusé car il est perçu comme incongru – la vie ayant beaucoup de valeur mais pas de prix, et le rapport à la mort ayant de multiples dimensions symboliques et non simplement économiques**.

Dès lors, le scénario alternatif, quel qu'il soit, propose de valoriser un « bien » d'une nature différente de la vie humaine et qui ne peut en aucun cas être assimilé à elle.

En conséquence, **de telles évaluations ne mesurent pas la « valeur de la vie humaine »** : elles donnent une mesure monétaire de ce que les gens sont prêts à débourser pour soutenir un programme public de réduction de la pollution de l'air, ou pour acheter des vitamines.

Au mieux, ces évaluations révèlent l'effort financier que la « société » (en tant qu'individualités agrégées) est prête à consentir pour **réduire un *risque statistique* de décès**, ce qui n'est en aucun cas assimilable à la « valeur » de la vie humaine, ni même au bénéfice monétarisé (à distinguer du bénéfice strictement monétaire) que représente pour la société un décès *effectivement évité*, ni même encore au dommage monétarisé que représente pour la société un décès effectivement *non évité*.

Il apparaît dès lors absolument nécessaire de lever cette ambiguïté, qui a des **implications éthiques majeures** et présente des **risques d'utilisation abusive et détournée des chiffres obtenus**. Force est de constater que **cette évaluation pose *problème*** car la « valeur » accordée à la vie humaine par les individus et par la société ne prend pas la forme d'une « préférence » économique et ne peut pas se traduire par un choix économique – elle est en ce sens incommensurable.

En tout état de cause, **il est inacceptable que les valeurs obtenues soient toujours présentées comme « valeur de la vie humaine » et utilisées en tant que telles dans les analyses coûts-bénéfices**.

(1) Le terme de « valorisation » est fréquemment utilisé en économie de l'environnement et signifie « attribuer une valeur » à un bien public ou non marchand. Nous insistons sur le fait que cela revient à attribuer un prix au dit « bien » et que cela n'épuise en rien la valeur d'un tel bien.
(2) Méthode dont l'utilisation se généralise pour l'évaluation économique de la vie humaine et qui est à la base de la méta-analyse et des valeurs proposées par l'OCDE et par le groupe Quinet.

Le plus souvent, deux arguments sont utilisés en faveur de la valorisation économique de la vie humaine, arguments que nous voulons également réfuter.

Le premier consiste à dire que ne pas attribuer de valeur monétaire à la vie humaine conduit à lui attribuer une valeur nulle au moment de la prise de décision. Or, les impacts d'un projet en termes de mortalité (estimation des décès évités, ou au contraire induits, par le projet) doivent pouvoir être pris en considération au sein du processus de décision, même s'ils ne font pas l'objet d'une évaluation monétaire et qu'ils sont uniquement quantifiés en nombre. **En attribuant une valeur monétaire à la vie humaine, le risque est au contraire de réduire la « valeur » de la vie humaine à une dimension monétaire**, ce qui constitue une approche partielle et contestable du problème soulevé dans le cadre de la prise de décision.

Le second argument consiste à dire qu'une valorisation implicite de la vie humaine est dans tous les cas réalisée à travers les arbitrages et les choix d'affectation des fonds publics, et que, dès lors, une évaluation monétaire explicite de la vie humaine, même biaisée de toutes parts, vaut toujours mieux qu'une évaluation implicite.

Or, si les arbitrages et choix d'affectation des fonds publics peuvent s'avérer incontournables, malgré le cynisme (inhérent aux choix en matière de politiques publiques) qu'ils impliquent, **une évaluation monétaire de la vie humaine nous paraît inadéquate et indéfendable**, pour les raisons évoquées ci-dessus. Nous lui préférons une quantification explicite en nombre de décès, intégrée à une analyse multicritère, comme nous le verrons plus loin.

Dans les deux cas, **le « prix » est recherché pour lui-même, quelles que soient les limites et les incohérences du chiffre retenu, et sans que soit véritablement posée la question de la manière dont il a été obtenu et de ce qu'il signifie et implique.**

La valeur de la biodiversité

Il en va de même pour l'évaluation économique de la biodiversité, pour laquelle il convient de rester très prudent quant au principe même d'une telle évaluation, quant aux méthodes économiques mises en œuvre et quant à l'utilisation des données recueillies.

À ce titre, France Nature Environnement insiste sur les mises en garde du rapport Chevassus-au-Louis, auquel FNE a activement participé, et souligne qu'il est impossible d'attribuer une valeur monétaire à l'objet très complexe et sans limite physique identifiable que constitue la « biodiversité ».

FNE s'oppose donc à l'utilisation d'une quelconque « valeur de la biodiversité » (prise en un sens global) dans le cadre des évaluations socioéconomiques des projets d'infrastructures, dans la mesure où ce « prix » serait dès lors la seule valeur prise en compte dans les décisions concernant la biodiversité et alors même que ce prix (dont il faut absolument préciser la provenance, les contours et les limites) n'épuise pas, loin s'en faut, la question des *valeurs* de la biodiversité.

À ce titre, FNE attire l'attention sur les travaux réalisés par la *Fondation pour la Recherche sur la biodiversité* sur les notions de valeur(s)[1].

En outre, FNE marque son désaccord quant à l'utilisation d'un taux d'actualisation positif situé entre 2 % et 4 % concernant les impacts sur la biodiversité et rappelle que le rapport Stern (2006) préconisait l'utilisation d'un taux d'actualisation faible (1,4 %), en particulier pour des raisons morales.

La question du choix du taux d'actualisation est très complexe et met en lumière les difficultés inhérentes à la prise en compte des impacts environnementaux dans une logique exclusivement économique et monétaire. Cette remarque est valable d'une manière générale pour l'ensemble des impacts sociaux, sanitaires et environnementaux d'un projet.

Du point de vue éthique et politique

La démarche de l'économie de l'environnement est motivée par des considérations éthiques, par la volonté d'une meilleure prise en compte de l'environnement dans les décisions des agents économiques. Elle est guidée par une certaine idée du bien, notamment collectif, et du juste.

Cependant, cette démarche éthique se veut également une démarche scientifique (là réside son paradoxe) car l'économie prétend désormais à la mise en équation de la société et prend la forme d'une quête de ce que serait la « vérité » économique et sociale, une vérité unique et formalisable, oubliant que **l'économie est avant tout un discours sur le monde, une pensée riche, complexe et multiple**.

Une modélisation à outrance

Depuis la fin des années 1940 et les travaux fondateurs de Samuelson et de Debreu en matière de formalisation économique, et ce jusqu'à l'époque actuelle, l'économie politique s'est en effet transformée en « sciences économiques », ce glissement sémantique étant loin d'être anodin.

L'économie atteint aujourd'hui des niveaux de sophistication mathématique très élevés et se veut désormais une science « dure ». S'inspirant fortement de la théorie des jeux ou encore de la physique, **elle prétend révéler les lois des comportements économiques et sociaux.**

La formule de Poulit (2005), mentionnée dans les travaux du groupe Quinet, en constitue peut-être l'exemple le plus frappant et le plus révélateur :

$$E = dv^2$$

où E est l'« énergie économique » (≈PIB) d'un territoire, d la densité de peuplement du territoire considéré, et v la vitesse des déplacements.

Cette formule n'est pas sans rappeler le célèbre $E=mc^2$ d'Einstein et ne peut provoquer qu'un grand éclat de rire. Elle est cependant caractéristique de l'état

(1) Fondation pour la recherche sur la biodiversité, *Les valeurs de la biodiversité,* vol. 1 : « Un état des lieux de la recherche française », 2012 ; vol. 2 : « Un regard sur les approches et les positionnements des acteurs », 2013.

d'esprit de nombreux économistes qui considèrent que les comportements humains répondent à des lois qu'il s'agit de mettre en lumière au même titre que les lois de la physique ou de la mécanique quantique.

En réalité, de telles formules résistent assez peu à l'épreuve des faits.

L'éthique n'est pas une science

Le problème est le suivant : en formalisant ainsi les comportements humains et leurs interactions, et ceci dans tous les domaines (y compris dans leurs rapports aux autres, à la nature ou à la mort), certains économistes tentent d'ériger les résultats des modèles économiques en données « scientifiques » susceptibles de révéler une prétendue « vérité » (même évolutive). Dès lors, ils utilisent l'évaluation socio-économique comme une « démonstration scientifique » en vue de la prise de décision, remettant dès lors profondément en cause la notion même de concertation.

Alors que la science économique exclut de son discours ce qui ne peut s'exprimer dans son langage mathématique (difficile de mettre en équation l'irrationalité, l'altruisme, les croyances, la bienveillance, la générosité, le courage, les jugements de valeur, etc.), **certains économistes (et certains décideurs) tentent d'en faire l'outil privilégié d'une sorte d'éthique scientifique**, prétendant adresser par de « simples » calculs (même très sophistiqués) toute la complexité des problèmes posés à la société, par exemple par un projet d'infrastructure, à travers notamment la révélation de « valeurs » dans des domaines qui relèvent de l'éthique et de la morale (valeurs de la biodiversité ou de la vie humaine, par exemple).

Mais l'éthique n'est pas une science. L'éthique représente la manière dont les êtres humains décident d'agir, elle réside dans le rapport de la liberté à la nature et au monde, elle est une volonté, du domaine du juste. En ce sens, l'éthique est, et doit être, au cœur de l'action publique. Or, le juste ne peut se démontrer scientifiquement : **on ne prouve pas par des calculs mathématiques qu'une action est juste, ou plus juste qu'une autre.**

Dès lors, en étendant petit à petit le champ des « compétences » du calcul socioéconomique à une compréhension totale de la société et des enjeux auxquels elle est confrontée, le risque est grand de créer une « machine » technocratique, une boîte noire dont les clés de compréhension seraient réservées à quelques « experts », **un système fonctionnant en vase clos, ayant une validité et une légitimité contestable sur le plan scientifique et donc inacceptable sur le plan politique.**

Il n'est pas neutre, en outre, de convoquer la science économique pour éclairer la prise de décision, car ***la science économique n'est pas neutre*** : elle est au contraire sous-tendue par des choix méthodologiques et des hypothèses fortes, et relaie une vision spécifique du monde, qui peut faire dissensus.

La décision comme problème politique

La recherche de plus en plus accentuée d'une rationalité économique totale présente ainsi le danger majeur de résumer, donc de réduire, toutes les valeurs à une simple dimension monétaire (parfois totalement artificielle et inadéquate). Or, **cette seule dimension monétaire gomme le caractère multidimensionnel, irréductible et**

potentiellement conflictuel des valeurs qui entrent en jeu dans le processus de décision. Le *sens* d'un projet est alors réduit à son efficacité économique, alors que le critère économique ne devrait constituer qu'un critère de décision parmi d'autres.

Dès lors, pour France Nature Environnement, l'évaluation socioéconomique des projets ne *peut* pas et ne *doit* donc pas constituer l'instrument privilégié de l'aide à la décision, en tant qu'il s'appliquerait indistinctement à toutes les dimensions économiques, environnementales, sociales ou encore sanitaires d'un projet et en tant qu'il révélerait une vérité quelconque.

Si l'évaluation socioéconomique a bien toute sa place dans le processus de décision, elle n'en demeure pas moins le reflet d'une logique qui lui est propre et **ne peut prétendre, à travers une analyse unique, réductrice et uniformisante, être au cœur de la décision publique et réconcilier de manière pertinente tous les acteurs, même de bonne volonté, ayant des intérêts contradictoires et des valeurs divergentes**. Il faut alors veiller à ce que la recherche d'un consensus *sur* la méthode d'évaluation socioéconomique des projets n'aboutisse pas à faire disparaître, *par* la méthode, le dissensus politique inhérent à tout processus de décision.

La prise de décision doit rester un *problème* politique : il revient au politique de faire des choix. Or, le calcul économique n'est pas en mesure d'éclairer nos choix dans tous les domaines : il n'en a ni la capacité ni la légitimité. La décision qui préside à l'action doit être prise suite à une « discussion ». Elle doit certes être éclairée par des expertises scientifiques, techniques et économiques, mais elle doit également faire place à la confrontation d'arguments et d'intérêts divergents et prendre en considération les connaissances des associations de terrain.

La décision doit s'établir dans la controverse et être guidée par un système de valeurs qui ne peut se résumer au seul critère d'efficacité économique et à une approche monétaire/monétarisée des enjeux auxquels la société est confrontée. Cela requiert de prendre le temps nécessaire pour établir une décision – le temps de l'expertise, de l'analyse, de l'information et de la concertation – et de renoncer au consensus qu'apporterait la supposée scientificité de l'approche économique, consensus certes pratique, mais peu démocratique et sujet à caution.

Propositions

Dès lors, proposer d'approfondir les travaux et les efforts de recherche en matière de modélisation économique et de monétarisation des biens non marchands ne peut suffire à améliorer le processus décisionnel et évacue la question fondamentale du *problème politique* que constitue la prise de décision.

France Nature Environnement propose donc de revoir le cadre de la concertation telle qu'elle est actuellement pratiquée en France, d'axer les travaux et les recherches sur l'analyse multicritère et de multiplier les retours d'expérience en la matière.

Revoir le cadre de la concertation

La procédure de concertation en France est principalement articulée autour de deux étapes : le débat public et l'enquête publique. Pourtant, ces deux phases posent problème pour plusieurs raisons.

En premier lieu, le porteur de projet est également le maître d'ouvrage, ce qui pose **le problème de l'indépendance et de l'impartialité en matière d'analyse et d'évaluation de l'utilité publique et de la « rentabilité » d'un projet**. Cela pose la question du financement et de la fiabilité des études d'impacts ainsi que de la place accordée aux autres acteurs et en particulier à ceux qui proposent des solutions alternatives au projet dans cette première phase.

À titre d'exemple, sur le projet de contournement Ouest de Strasbourg, une étude alternative utilisant les données du maître d'ouvrage a permis d'établir des conclusions inverses à celles du maître d'ouvrage. Les données socioéconomiques étant souvent présentées comme confidentielles, l'aménageur a ainsi le champ libre pour « prouver » que son projet est utile et rentable.

***A minima*, une contre-étude d'impacts doit pouvoir être réalisée en amont du débat public et les données socioéconomiques rendues publiques et explicitées (méthodes, hypothèses, implications)**.

En outre, au niveau national, les avis émis par l'Autorité environnementale (Ae) sur les études d'impacts produites par les maîtres d'ouvrage devraient être davantage pris en compte et mieux utilisés, dès la phase de débat public.

En région, un problème se pose : celui de l'indépendance et donc de la crédibilité des avis émis par les autorités environnementales régionales. Le rôle de l'Autorité environnementale, tant au niveau national que régional, est de garantir la bonne prise en compte des enjeux environnementaux par les maîtres d'ouvrage et les autorités décisionnelles.

La crédibilité des avis de l'Ae en région requiert donc l'absence de lien structurel avec eux, à l'instar de l'Ae nationale. Or, au niveau régional, l'organisme ayant mission d'autorité environnementale est la DREAL, elle-même placée sous l'autorité du préfet. Autrement dit, le préfet est juge et partie, puisqu'il est amené à signer un avis « indépendant » sur l'étude d'impacts du maître d'ouvrage et à délivrer l'autorisation finale du projet. Il est donc indispensable de changer la donne en région et de **garantir liberté de jugement et d'expression à l'Ae, en lui assurant autonomie et indépendance**, comme c'est le cas au niveau national. L'objectif est de distinguer clairement autorité environnementale et autorité décisionnelle, ce qui est en outre requis par le droit communautaire[1].

Une phase de préparation du débat est habituellement mise en place en amont du débat public, sans pour autant y intégrer de manière systématique l'ensemble des acteurs concernés. Ce fut le cas par exemple lors de la préparation du débat public sur le canal Saône-Moselle : seuls les financeurs furent invités.

Une phase de concertation préalable devrait donc rassembler toutes les parties prenantes (y compris les acteurs proposant des solutions alternatives ou s'opposant au projet), afin de prendre en compte toutes les données et d'étudier toutes les possibilités, pour un vrai débat public et une véritable concertation au sens de la convention d'Aarhus.

(1) Directive 85/337/CEE dite « projets » et directive 2001/42/CE dite « plans et programmes ».

Le débat public devrait également couvrir un large champ d'investigation et non uniquement le projet d'aménagement à l'étude, afin de débattre explicitement de l'opportunité du projet et des solutions alternatives envisageables.

À ce titre, le projet finalement retenu doit pouvoir marquer et respecter la ligne politique que les autorités gouvernementales et les collectivités territoriales se sont donnée pour les années à venir en matière environnementale et sanitaire ou de politique des transports.

Le débat public doit notamment permettre de poser la question de l'atteinte des objectifs environnementaux à travers les choix d'aménagement. À titre d'exemple, le SNIT, avec 250 milliards d'investissements programmés, n'entraînerait qu'environ 1 % de réduction d'émissions de gaz à effet de serre : cela pose question. Comme nous le verrons par la suite, l'analyse multicritère présente un intérêt particulier à cet égard.

Par ailleurs, la composition du groupe de commissaires enquêteurs en charge de l'enquête publique ne comporte pas systématiquement d'économistes en mesure de répondre aux questions du public relatives à l'évaluation socioéconomique réalisée par le maître d'ouvrage. **Dans les faits, la commission d'enquête ne peut le plus souvent pas apporter de réponse claire et étayée aux interrogations légitimes du public en matière socioéconomique**. L'analyse multicritère présente ici encore, entre autres, l'avantage de mettre au centre du débat une liste de critères clairement établis, beaucoup plus facilement appropriable par le grand public. Le débat est ainsi facilité et plus transparent.

France Nature Environnement souligne enfin l'intérêt des bilans socioéconomiques et environnementaux (bilans LOTI), permettant de confronter les résultats des études d'impacts et des évaluations socioéconomiques réalisées *ex-ante*, aux faits, trois à cinq ans après la réalisation du projet d'infrastructure de transport. Ces bilans permettent notamment de relativiser l'importance et la précision des analyses réalisées *ex-ante* pour la prise de décision.

L'analyse multicritère comme outil privilégié de la concertation

L'analyse multicritère (AMC) constitue un outil de questionnement et d'analyse destiné à mettre en lumière les points forts et les points faibles d'un projet d'aménagement, notamment au regard de critères environnementaux, sociaux et sanitaires.

L'AMC permet de dresser le bilan *quantitatif et qualitatif* d'un projet et de proposer et examiner des scénarios alternatifs, au regard des différents critères retenus.

À ce titre, **l'AMC constitue une alternative solide à l'analyse coût-bénéfice.** En effet, l'analyse coût-bénéfice est une méthode qui réduit les valeurs à une dimension monétaire plus ou moins factice, qui assimile les coûts et bénéfices environnementaux, sanitaires et sociaux à des flux financiers en les soumettant à une procédure d'actualisation à taux positif, et qui place, en les monétarisant, toutes les dimensions d'un projet *sur le même plan*, alors qu'elles sont en réalité irréductibles les unes aux autres (on peut difficilement troquer la préservation d'une espèce naturelle contre du temps gagné sur un trajet par exemple).

L'AMC permet en outre de mettre en œuvre une véritable concertation, au-delà de la simple information du public.

En effet, d'une part, le choix des **critères quantitatifs et qualitatifs** à utiliser dans l'analyse permet de prendre réellement en compte l'ensemble des dimensions d'un problème donné sur le plan environnemental, sanitaire et social et peut faire l'objet d'une discussion. D'autre part, **les experts peuvent procéder à l'évaluation quantitative (monétaire ou non) et/ou qualitative de chacun des critères retenus**, la pondération de ces critères étant soumise à concertation et à validation politique.

La pondération des critères, étape fondamentale de l'analyse, permet ainsi d'inclure pleinement dans le processus de décision le grand public et les associations de terrain, au-delà du cercle restreint des « experts » et des aménageurs.

En ce sens, l'AMC contribue au débat public, l'alimente et permet de dissocier et de bien distinguer les champs de compétences des experts, des techniciens et du décideur politique.

Enfin, la possibilité d'établir des valeurs « plancher » d'acceptabilité pour certains critères permet de réintégrer la notion d'inacceptable dans la prise de décision, et autorise la hiérarchisation absolue des valeurs, là où l'évaluation socio-économique suppose l'absence d'une telle hiérarchisation.

Nous attirons enfin l'attention sur le fait que **l'AMC** ne doit pas être présentée comme un outil complémentaire à l'évaluation socioéconomique et au calcul de la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet, mais bien comme **l'outil fondamental d'aide à la décision, alimenté pour certains aspects seulement, par l'évaluation socio-économique**.

À ce titre, **France Nature Environnement suivra avec attention l'analyse multicritère mise en place par la commission Mobilité 21**. Cette commission, chargée de hiérarchiser et de planifier dans le temps les projets d'infrastructures de transports en France, travaille en effet à la mise en place d'une grille d'évaluation multicritère pour le classement des projets. La méthodologie employée à cette occasion sera importante pour crédibiliser les choix que proposera la commission Mobilité 21.

Michel Dubromel
Vice-président de France Nature Environnement

Marie-Anne Salomon
Chargée de mission Économie

Nous remercions pour leur participation et leur relecture attentive :
Gérard Allard, membre du directoire du réseau « Transports et mobilités durables »
Maryse Arditi, pilote des réseaux « Énergie » et « Risques et impacts industriels »
Gilles Benest, membre du directoire du pôle « Biodiversité »
José Cambou, Secrétaire nationale de FNE et pilote du réseau « Santé-Environnement »
Christian Garnier, pilote de la mission « Questions urbaines ».

Commentaires d'Alain Bonnafous

Sur l'avis de France Nature Environnement sur l'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures et son intégration au processus de concertation en France

19 juin 2013

D'une manière générale, cette note représente un effort de réflexion qui va au-delà des poncifs habituellement reproduits dans les critiques courantes du calcul économique. Critiques qui l'assimilent un peu vite à l'expression formalisée du modèle libéral alors même qu'il s'agit d'éclairer les choix publics là où les mécanismes de marché sont exclus (d'où son usage intensif dans les régimes qui avaient cru éradiquer les mécanismes de marché).

Je reprendrai cependant les principaux points qui selon moi méritent une discussion, et auxquels je me propose de répondre dans cette note. Ces points sont présentés dans l'ordre où ils apparaissent dans la note de FNE.

1. L'ambition du calcul économique

Le texte de FNE pourrait laisser penser que le calcul socioéconomique a une ambition hégémonique voire totalitaire au sens où il est entendu par la philosophie des sciences. Il est en effet ainsi rédigé[1] :

> « … telle qu'elle est promue actuellement, telle qu'elle est examinée et promue dans le cadre des travaux du groupe Quinet (Centre d'analyse stratégique) et telle qu'elle est aujourd'hui pratiquée, pose problème. Elle est en effet **sous-tendue par un idéal de rationalité totale**, dont les travaux menés jusqu'à présent par de nombreux économistes constituent une quête illusoire et contestable.
> […]
> **La méthode générale de l'évaluation socioéconomique des projets porte en effet en elle une idée que nous voulons discuter et réfuter : le calcul socioéconomique pourrait constituer la mesure de toutes choses** ».

Cette assertion ne tient pas compte du fait que la justification d'une formalisation mathématique en économie est, en premier lieu, d'expliciter les hypothèses, c'est-à-dire les conditions sous lesquelles peut fonctionner le modèle (considéré comme une représentation simplifiée de ce que l'on croit savoir de la réalité). C'est, en somme, un découpage du réel comme le pratiquent toutes les disciplines, mais un découpage formalisé, par nature plus précis qu'un découpage discursif et qui a le grand avantage de désigner les hypothèses qui font problème.

Par exemple, dans *Le Calcul économique*, l'ouvrage de référence (au sens international du terme) en matière d'évaluation socioéconomique, Jacques Lesourne[2] montre avec rigueur que le calcul de la création de valeur repose sur l'hypothèse dite

(1) Toutes les citations reprises de la note reproduisent les caractères gras ou italiques du document initial et sont entre guillemets.
(2) Éd. Dunod, 1964.

de répartition optimale des revenus dont personne ne prétend qu'elle soit satisfaite. Il s'agit donc d'une hypothèse de travail que l'on peut lever en introduisant une dimension redistributive dans l'évaluation[1].

Il faut donc bien opérer la distinction entre, d'une part, la mobilisation d'un instrument relativement bien contrôlé, qui s'appuie sur des énoncés formels falsifiables (comme une fonction de demande) et, d'autre part, la tentation de penser que cet instrument reflète parfaitement *la* réalité.

Il me semble que cette distinction n'est pas assez marquée dans la note de FNE.

2. La confusion entre « parfaite substituabilité » et additivité

On peut lire, en quatrième page de la note de FNE : « **Or, faire l'hypothèse d'une parfaite substituabilité entre les biens publics non marchands ou la vie humaine et le revenu des individus revient à affirmer que les individus sont incapables d'un quelconque comportement éthique envers ces biens, car *tout* devient alors échangeable contre de l'argent** ».

Je reviendrai plus loin sur la mise en cause de la valorisation de certains éléments externes à la sphère marchande comme la vie humaine ou la biodiversité, qui sont depuis longtemps des questions vives de l'évaluation (depuis un demi-siècle pour le moins). Pour l'instant, relevons simplement la faiblesse de cette série d'implications qui consiste à passer d'une hypothèse « de substituabilité parfaite » à l'idée que « *tout* devient échangeable contre de l'argent », ce qui revient à suggérer que la vie humaine devient un bien marchand et donc achetable pour les tenants du calcul économique.

Il y a là encore une interprétation déformée des bases théoriques de ce calcul et un malentendu sur son objet. L'évaluation socioéconomique d'un projet revient en somme à établir la balance entre la richesse détruite et la richesse créée par le projet, cette richesse étant entendue au sens des biens et services marchands mais aussi, bien sûr, des effets externes à la sphère marchande. Il s'agit alors de pouvoir introduire dans le calcul de la richesse détruite d'autres éléments que les coûts d'investissement ou de fonctionnement et dans le calcul de la richesse créée d'autres éléments que la recette commerciale.

La première et la plus importante conquête de ces éléments non marchands tient à la mesure qu'a proposée Jules Dupuit (Alfred Marshall évoqué dans la note a repris l'idée 46 ans plus tard, en 1890) de l'utilité d'un équipement public en inventant le concept de surplus de l'usager qui permet de proposer une valorisation monétarisée de cet équipement, même s'il est d'usage gratuit. Dans leur grande naïveté, la quasi-totalité des gouvernements du monde acceptent aujourd'hui l'idée (et la mettent en pratique) selon laquelle la mesure de la richesse créée par un équipement doit comporter sa recette nette à laquelle il convient d'ajouter cet effet externe qu'est le surplus de l'usager (ce que celui-ci paierait si on lui imposait le prix maximum qu'il est prêt à consentir).

(1) Suggérée pour la première fois il y a 35 ans par un ouvrage français : Bloy E. *et al.* (1978), *Évaluer la politique des transports*, Paris, Économica, ouvrage épuisé mais cité dans : http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/06/85/92/PDF/RERU_2003.pdf.

Il s'agit donc d'ajouter une valorisation sociale à une valeur marchande. De même ajoute-t-on aux coûts marchands des coûts externes pour lesquels des équivalents monétaires sont proposés. Si l'on considère par exemple l'émission d'un effluent nocif (provoquée ou au contraire réduite par le projet considéré), celle-ci peut être raisonnablement évaluée. Par exemple sur la base du coût marginal de dépollution de cet effluent, ce qui est aussi consistant qu'un énoncé disant que la qualité de l'air n'a pas de prix.

Ainsi seule la propriété d'additivité est-elle nécessaire à la prise en compte de ces éléments dans le calcul économique. Les auteurs de la note de FNE évoquent cette hypothèse de substituabilité parfaite probablement en référence à des travaux théoriques de l'économie de l'environnement qui portent, par exemple, sur le choix des taux d'actualisation, s'agissant de bien environnementaux dont la durabilité n'est pas assurée. Ces analyses reposent en général sur une hypothèse dite de substituabilité limitée qui a des conséquences sur les calculs différentiels (au sens mathématique du terme) qui sont alors convoqués[1].

La question n'est pas ici de savoir si les biens marchands et non marchands sont parfaitement, imparfaitement, ou pas du tout substituables mais, plus simplement, de savoir si en additionnant des valorisations de biens non marchands, négligées il y a encore quelques décennies, on améliore ou on détériore la pertinence de l'évaluation. Il est assez généralement admis (ce qui n'est certes pas une preuve de pertinence) que cette extension du calcul économique améliore la qualité de l'évaluation mais que celle-ci reste, dès lors, confrontée au « bon choix » des valeurs unitaires.

3. L'équivalent monétarisé de ce qui n'a pas de prix

La note de la FNE suggère (troisième page) que « …, **la question se pose pour les méthodes économiques se donnant pour objectif de calculer la valeur économique totale de "biens" tels que la biodiversité, les paysages, la qualité de l'air, de l'eau, des sols ou encore la vie humaine**, ceci afin de mesurer le coût ou le bénéfice total d'un impact sur le bien-être des individus et de la société ».

Les aspects les plus contestés sont ceux qui correspondent aux questions qui sont usuellement soulevées en raison de leur fort contenu éthique comme la « valeur économique » de la vie humaine ou en raison de la difficulté de la mesure comme la biodiversité ou les aspects esthétiques.

Sur le premier point, l'élément critique récurrent tient à ce qu'affecter une valeur à une mort statistiquement évitée constituerait une marchandisation de la vie humaine. Ce débat me semble avoir été bien approfondi il y a un quart de siècle[2] et son épilogue est très bien résumé dans les quelques lignes qui suivent de la note de FNE :

> « Au mieux, ces évaluations révèlent l'effort financier que la "société" (en tant qu'individualités agrégées) est prête à consentir pour **réduire un *risque statistique* de décès**, ce qui n'est en aucun cas assimilable à la "valeur" de la vie humaine, ni même

(1) Par exemple, Traeger C. P. (2007), « *Sustainability, limited substitutability and non-constant social discount rates* », University of California, Berkeley, http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/6099/2/wp071045.pdf.

(2) Sans entrer dans le détail d'une abondante littérature dans les années 1980, on peut trouver l'essentiel dans l'article de Thomas C. Schelling (1987), « Value of life », *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, vol. 4, p. 793-796.

> au bénéfice monétarisé (à distinguer du bénéfice strictement monétaire) que représente pour la société un décès *effectivement évité*, ni même encore au dommage monétarisé que représente pour la société un décès effectivement *non évité* ».

Le raccourci terminologique de « valeur de la vie humaine » s'est malheureusement imposé dans la littérature internationale aux dépens, par exemple, d'une expression qui serait plus exacte comme *le coût de réduction du risque statistique de décès*.

Il est vrai aussi qu'une partie de cette littérature a été un moment focalisée sur des approches qui relèvent d'un « économisme » inquiétant et qui, par exemple, réduisaient la valeur unitaire d'une vie à l'espérance mathématique de la contribution actualisée au PIB d'une victime. Avec les rapports « Boiteux », notamment, et leurs suggestions de nouvelles valeurs tutélaires nous sommes loin de ce réductionnisme.

Au total, peut-on voir, dans la prise en compte des dizaines de morts épargnées chaque année dans l'évaluation d'un projet comme la mise à deux fois deux voies de la RCEA[1], l'action perverse du « Grand Satan » du calcul économique (ou même d'un « Petit Satan ») ? En particulier si la prise en compte de « l'effort financier que la "société" … est prête à consentir pour réduire un *risque statistique* de décès » suggère que ce projet a une rentabilité socioéconomique qui le justifie.

La valorisation des risques pour la biodiversité n'est évidemment pas un exercice facile. On est en droit cependant de considérer que c'est un progrès que de prendre les dispositions réglementaires (ou consécutives aux études d'impact) pour la prévention de ces risques. Et que c'est également un progrès de prendre en compte les coûts correspondants dans l'évaluation des projets. C'est une forme d'internalisation d'effets externes (par exemple ceux qu'ont pu entraîner des projets réalisés sans ces précautions) que l'on est en droit de considérer comme utile pour l'environnement et qui ne peut qu'enrichir l'évaluation économique au point de disqualifier le projet si les mesures de précaution se révèlent trop coûteuses.

On retrouve là un dialogue qui pourrait être celui du café du commerce, mais qui n'est pas sans intérêt : « Il est scandaleux de réduire cela à un calcul économique car ça n'a pas de prix ! Si, le calcul économique peut servir parce que ça a un coût ! ».

4. La préférence pour le multicritère

C'est une position assez répandue que celle de FNE qui consiste à choisir *L'analyse multicritère comme outil privilégié de la concertation* et, au-delà, d'en faire l'outil fondamental d'aide à la décision. Il est par exemple écrit dans la note :

> « Nous attirons enfin l'attention sur le fait que **l'AMC** ne doit pas être présentée comme un outil complémentaire à l'évaluation socioéconomique et au calcul de la valeur actualisée nette (VAN) d'un projet, mais bien comme **l'outil fondamental d'aide à la décision, alimenté, pour certains aspects seulement, par l'évaluation socioéconomique** ».

Tous ceux qui ont une certaine pratique du débat public ne peuvent que reconnaître la nécessité de cerner successivement les questions et d'organiser, de fait, la concertation selon des critères multiples. Concernant l'outil d'aide à la décision, c'est

(1) Route Centre-Europe Atlantique.

autre chose car l'alternative est évidemment radicale entre une analyse multicritère et l'usage d'un calcul économique enrichi des considérations qu'il ne peut convenablement restituer (telle la mort d'une rivière ou la dimension esthétique).

D'un point de vue purement historique, les pays les plus soucieux des effets externes, en particulier sur l'environnement[1], ont eu ce genre de débats et, dans l'écrasante majorité des cas, le choix a été fait de privilégier l'évaluation socioéconomique en s'efforçant de l'élargir proprement *(wider assessment)* aux dimensions mal appréhendées. L'argument principal en faveur de la méthode a consisté à observer que c'est *aussi* une méthode qui intègre des critères multiples mais :

– selon des hypothèses clairement explicitées ;

– avec des valorisations, selon des méthodes de mieux en mieux validées, d'effets non marchands, valorisations comme celle du temps, fondées sur des valeurs révélées par des comportements et non sur des préférences de militants ;

– avec des valorisations tutélaires lorsque c'est nécessaire, qui ont ce mérite de devoir être explicitée par l'État et d'être ainsi critiquables.

L'approche multicritère est évidemment libérée de ces propriétés ou obligations. Sa perméabilité aux préférences des intervenants est flagrante et l'argument « éthique » pèse bien peu pour prévenir ce risque. On en trouve des illustrations dans la note même de FNE lorsqu'elle rejette la valorisation de la vie humaine et écrit : « Nous lui préférons une quantification explicite en nombre de décès, intégrée à une analyse multicritère, … ».

Que veut dire « intégrée » ? Comment ? Par qui ? À quoi ?

Sans doute pour répondre à ces questions convient-il, comme le suggère FNE, « de développer les travaux, les recherches et les retours d'expérience en matière d'analyse multicritère ». De même peut-on suivre complètement la position qui « **souligne enfin l'intérêt des bilans socioéconomiques et environnementaux (bilans LOTI), permettant de confronter les résultats des études d'impacts et des évaluations socioéconomiques, réalisées *ex-ante*, aux faits**, trois à cinq ans après la réalisation du projet d'infrastructure de transport. Ces bilans permettent notamment de relativiser l'importance et la précision des analyses réalisées *ex-ante* pour la prise de décision ». Il serait également pertinent de procéder à des bilan *ex-post* plus tardifs afin de mieux appréhender les effets concrets sur l'environnement et de juger de prévisions après prise en compte des fluctuations conjoncturelles.

En forme de conclusion à ces commentaires, je me permets d'indiquer que la note de FNE, notamment dans sa proposition finale m'a fait songer aux débats qui ont précédé la décision de réaliser le viaduc de Millau. J'ai imaginé que la décision de construire ou non aurait pu résulter d'une analyse multicritère sur la base de ce que beaucoup de participants au débat ont sincèrement soutenu. Que serait devenue l'intégration des critères financiers, socioéconomiques, esthétiques, sécuritaires ou autres ? Je ne saurais le dire mais en revisitant ces débats on peut l'imaginer. Je sais, en revanche, ce que l'évaluation socioéconomique a suggéré et il semble que les conséquences puissent en être assumées.

(1) On peut songer au Royaume-Uni qui, quarante ans avant la France, a soumis le ministère des Transports à un grand ministère de l'Environnement.

Addendum de France Nature Environnement

26 juin 2013

Nous avons été extrêmement étonnés de découvrir le texte de M. Alain Bonnafous dans le projet de rapport final du groupe Quinet, sans avoir été contactés au préalable par son auteur afin d'échanger sur le fond du problème qui nous occupe, et alors même que le texte de FNE a été transmis à l'intégralité des membres du groupe Quinet le 12 mars 2013 (il y a donc trois mois et demi).

Les présupposés dont M. Bonnafous fait état dans son texte à l'égard de FNE, selon lesquels FNE comprendrait mal les tenants et les aboutissants des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures, nous semblent relever d'une mauvaise interprétation de notre texte, conduisant M. Bonnafous à confondre un désaccord de fond avec un manque de compétences.

Nous continuons à affirmer que le calcul socioéconomique a des limites, comme nous le soutenons dans notre avis. Notre contribution se veut critique et s'attache à ouvrir un débat sur le fond, tout en restant respectueuse du travail mené par le groupe Quinet. Nous partons en effet du principe que de la contradiction de bonne foi et constructive naît l'intelligence collective.

Nous sommes tous d'accord, la question est complexe et nulle approche simpliste ne saurait éclairer la décision de manière utile et pertinente.

Le travail de recherche en économie de l'environnement mené depuis plus de trente ans a eu le grand mérite de proposer une méthode d'intégration des enjeux environnementaux et sanitaires dans le processus de décision des agents économiques.

De nombreuses études de terrain ont été menées, le plus souvent accompagnées d'un travail critique en économie sur les méthodes utilisées et sur le principe de l'actualisation. Des réflexions ont également été menées dans d'autres disciplines comme la philosophie et l'éthique de l'environnement concernant les processus de décision et les déterminants de l'action dans les sociétés contemporaines.

L'ensemble de ces réflexions tendent aujourd'hui à montrer, de notre point de vue, que la recherche d'un indicateur monétaire unique, basé sur des méthodes de valorisation économique de biens non marchands encore faibles, voire incohérentes, ne semble pas être à la hauteur des enjeux auxquels notre société est confrontée et à la défense desquels nous sommes tous attachés.

En l'état actuel des travaux et des réflexions sur le sujet, FNE reste opposée à la monétarisation du vivant (biodiversité et vie humaine) et propose de développer et d'approfondir les démarches d'analyse multicritère (AMC). En effet, l'AMC permet d'objectiver des critères de décision, sur la base d'expertises scientifiques, techniques et économiques, sans procéder à une hiérarchisation implicite de ces critères. Ainsi, la complexité et le caractère politique de la décision ne sont pas occultés, et le décideur est mis en capacité de faire des choix explicites et explicités.

France Nature Environnement reste à la disposition de tous les membres du groupe Quinet et de toute personne réellement désireuse d'échanger sur ces questions.

Avis de Michel Badré
Président de l'Autorité environnementale du CGEDD

Michel Badré, ayant été désigné comme membre du groupe de travail « intuitu personae », tient à souligner qu'il s'exprime ici à titre personnel et non au nom de l'Autorité environnementale.

Émile QUINET
Président du groupe de travail sur l'évaluation
des méthodes d'évaluation socioéconomique des projets

Objet : Point de vue sur les réflexions et les conclusions du groupe de travail sur les méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures de transport

Monsieur le président, et cher monsieur,

Ayant participé aux réflexions du groupe de travail mis en place en 2012 sur les méthodes d'évaluation socioéconomique des infrastructures de transport sous votre présidence, je tiens à saluer l'intérêt du travail mené dans ce groupe, mais à faire part ici de mes réserves sur deux points particuliers :

– l'usage généralisé actuellement d'un indicateur intégrateur unique (valeur actualisée nette ou taux de rentabilité interne) pour caractériser la « valeur » socioéconomique d'un projet, usage établi que les travaux du groupe semblent confirmer de fait, puisqu'il n'en est pas fait de critique de fond ;

– l'absence de retour d'expérience et d'analyse des questions soulevées par les évaluations faites actuellement (conformément aux prescriptions réglementaires) au stade de l'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique du projet : la préconisation d'étendre la méthode de calcul actuelle sous des formes semblables au stade du débat public, très en amont de l'enquête publique dans le processus de décision, me semble mériter réflexion ; elle risque en tout cas de renforcer les préventions à l'égard du principe même de ces évaluations.

Ces réserves se fondent sur l'examen des dossiers d'infrastructure de transport soumis à l'avis de l'Autorité environnementale du CGEDD depuis 2009 et comportant une évaluation socioéconomique, en application des dispositions du code des transports[1] : ces dossiers, au nombre de plusieurs dizaines[2], constituent sans doute un échantillon assez représentatif de la pratique actuelle des grands maîtres d'ouvrage publics en matière d'infrastructures de transport, s'appuyant sur les documents de référence existants[3].

(1) Tous les projets d'infrastructures de transport dont le coût prévisionnel dépasse environ 80 M€ actuellement sont soumis à cette obligation, l'évaluation devant figurer au dossier d'enquête.
(2) Dont quelques projets très importants : ligne T0 du réseau Grand Paris-Express, accès français au Lyon-Turin, LGV Poitiers-Limoges, EOLE, etc.
(3) Rapport dit « Boiteux II » (CAS 2001) et instruction-cadre de Robien (2004-2005).

J'observe sur cet échantillon, constitué de projets tels qu'ils sont présentés au dossier de l'enquête publique préalable à la déclaration d'utilité publique, donc au vu d'études beaucoup plus poussées qu'au stade du débat public :

– qu'aucun maître d'ouvrage n'a fourni au titre de l'évaluation socioéconomique d'indication autre que le résultat synthétique demandé par les instructions en vigueur, supposé représentatif à lui seul de la rentabilité socioéconomique (VAN ou TRI) ;

– qu'aucun dossier ne présente de calcul de sensibilité du résultat par rapport aux hypothèses retenues pour des paramètres déterminants dans le calcul : prévisions de trafic, valeur du temps, valeur du CO_2 émis ou économisé, échéancier de réalisation du projet et des autres projets auxquels il est lié, etc. ;

– qu'aucun dossier ne fournit de désagrégation du résultat global par catégorie d'usagers ou de parties prenantes (ni même d'analyse qualitative sur ce point), mettant en évidence les gagnants et les perdants (ce qui n'est pas la même chose que de fournir les résultats pour la puissance publique, pour le maître d'ouvrage, pour la société en général, etc.) ;

– que quelques très rares dossiers (2 ou 3) comportent une mention indiquant que certains éléments d'appréciation (biodiversité, « équité territoriale », etc.) ne sont pas pris en compte dans le calcul, sans en tirer d'ailleurs en général de conclusion ;

– qu'un seul dossier présenté à l'Ae depuis 2009[1] fait apparaître explicitement que des hypothèses externes au projet évalué (réalisation ou non de l'ensemble du programme dont fait partie le projet) peuvent modifier très significativement le résultat calculé pour la VAN ou le TRI (en fournissant les résultats selon ces hypothèses, avec des écarts très significatifs) ;

– que la question de l'échelle la plus pertinente (ensemble de projets à considérer comme liés) pour effectuer le calcul n'est jamais abordée explicitement, alors que tous les projets examinés, sans exception, s'intègrent évidemment dans des réseaux plus vastes ;

– qu'aucun dossier (je rappelle à nouveau : au stade de l'enquête préalable à la DUP, et non au stade très préliminaire du débat public où il a été envisagé dans le groupe de travail de le demander) ne mentionne l'inclusion dans le coût d'investissement des mesures pour éviter, réduire ou compenser les impacts environnementaux négatifs, la majorité d'entre eux renvoyant à plus tard le dossier « loi sur l'eau », le plus sensible à ce titre (l'exemple, d'actualité, de Notre-Dame des Landes montre que cette pratique usuelle de report peut présenter quelques inconvénients…) ;

– enfin, que la majorité des dossiers (ceux de l'État ou des maîtres d'ouvrage sous sa tutelle) présentent les calculs sur la base d'un taux d'actualisation de 4 %[2], alors que d'autres (notamment ceux d'au moins un très important maître d'ouvrage francilien ne dépendant pas de l'État) utilisent un taux de 8 %, sans qu'un lecteur non spécialiste puisse comprendre que ces conventions de calcul différentes ont un impact lourd sur le résultat de la VAN.

Cet inventaire très simplifié et non exhaustif ne fait pas état des différences de lisibilité des dossiers pour le public, ce qui est un autre sujet plus formel, mais évidemment

(1) Ligne T0 (Pont de Sèvres – Noisy-Champs) du réseau Grand Paris Express.
(2) Conforme aux recommandations du rapport Lebègue, et aux instructions données aux services de l'État au vu de ce rapport.

capital lui aussi. On peut ainsi s'étonner que le résultat du calcul, VAN ou TRI, toujours fourni, ne soit à peu près jamais expliqué ni commenté par le maître d'ouvrage, même lorsqu'il peut surprendre[1].

Sous réserve d'une analyse plus complète des pratiques actuelles, ces constats, factuels mais non exhaustifs, me conduisent simplement à rappeler des points de vue exprimés au cours des travaux du groupe :

1) Le dossier d'enquête publique préalable à la DUP est très important dans le processus, souvent long, de préparation d'un projet : c'est à ce stade que la société, représentée par l'autorité chargée de prononcer la DUP, évalue si l'opportunité du projet justifie la remise en cause de droits fondamentaux des citoyens tels que le droit de propriété[2]. *Il ne me paraît pas du tout convaincant d'estimer que cette opportunité de réaliser un projet peut être justifiée à l'intention du public et de toutes les parties prenantes par un calcul de VAN ou de TRI avec les mêmes conventions de calcul, en les comparant respectivement à 0 % ou à 4 %, alors que :*

   - le calcul de cet indicateur unique masque par la valeur relative donnée à ses paramètres de calcul (valeur du temps, valeur du CO_2, prise en compte des pollutions, etc.) ou par des hypothèses implicites lourdes (choix des autres investissements pris en compte, liaison fonctionnelle avec d'autres projets) des choix qui méritent débat avant de prononcer la DUP ;
   - il internalise certaines externalités positives ou négatives du projet (gains de temps, émissions de gaz à effet de serre) mais pas toutes (biodiversité, « équité territoriale », impacts sociaux…) faute de méthode assez robuste, introduisant ainsi un biais dans l'application de la théorie du bilan : celle-ci suppose qu'on compare, avec les marges d'incertitude inévitables mais sans y introduire de biais méthodologique, tous les impacts positifs et négatifs du projet à toutes les échelles, et pas seulement ceux qu'on sait monétariser : une telle restriction est constitutive d'un biais, mais pas incertitude ;
   - enfin, il ne laisse aucune place au fait que certaines catégories de parties prenantes pourront, légitimement[3], avoir une appréciation complètement différente de celle traduite dans les pondérations retenues, en matière d'impacts positifs ou négatifs du projet.

Je pense pour ma part que les voies de progrès de l'évaluation économique à ce stade de l'enquête publique préalable à la DUP, à conforter par un état des lieux plus complet des pratiques actuelles que celui fait ci-dessus, pourraient consister :

(1) On peut difficilement s'empêcher ici de citer un projet, présenté à l'Ae par un grand maître d'ouvrage public, dont le coût d'investissement évalué à 100 M€ était financé à 100 % par une collectivité, et dont la VAN était négative à hauteur de - 200 M€, sans que cela donne lieu à aucun commentaire particulier dans le dossier…

(2) À ce titre, on ne peut à mon avis cautionner le point de vue, parfois exprimé dans le groupe y compris dans des rédactions intermédiaires de son projet de rapport, selon lequel à ce stade tardif l'opportunité du projet n'est plus réellement en débat. C'est après la DUP qu'elle ne l'est plus, pas avant.

(3) On traite sans doute un peu vite de « Nimbystes » des opposants à un projet qui accordent au temps, au bruit (sujet de forte sensibilité dans tous les débats) ou au paysage d'autres valeurs que celles retenues dans les calculs d'évaluation habituels, indépendamment même de la prise en compte des gagnants et des perdants dans une évaluation qui ne produit qu'un résultat agrégé de l'utilité globale.

– à formaliser explicitement le fait que « l'utilité » d'un projet n'est pas la même pour tous et ne peut donc se traduire par une valeur unique, résultant d'hypothèses de calcul et de paramètres normalisés valables pour tous et partout ;

– à reconnaître qu'il n'y a pas de honte à ne pas savoir monétariser certaines « valeurs[1] » : l'internalisation dans un indicateur global de ces valeurs rétives à la monétarisation sur la base de méthodes très fragiles, au motif que les laisser à l'écart du calcul revient à les compter pour 0, me paraît beaucoup plus critiquable que les laisser explicitement en dehors, en disant pourquoi, et en rappelant que l'indicateur chiffré ne traduit pas tout et doit donc être complété par des indications qualitatives ;

– à prescrire, pour les valeurs économiques monétarisables, l'explicitation de tous les choix de paramètres et la réalisation de calculs de sensibilité, pour toutes les valeurs calculées à partir de ces paramètres, et pour toutes les hypothèses lourdes retenues pour le calcul (scénario de référence et de projet, échéancier, etc.).

2) Au stade du débat public, bien antérieur dans la vie du projet, le même calcul intégrateur aura les mêmes défauts, en beaucoup plus accentués : cela ne peut que renforcer les réticences constatées face au principe même de l'évaluation économique. Il me semblerait bien plus pertinent de préconiser la fourniture d'éléments d'évaluation économique par critère, mais pas de les globaliser dans un indicateur unique introduisant des pondérations implicites, qui n'a pas de sens à ce stade (et d'ailleurs aucune utilité opérationnelle : vise-t-on à dire qu'il faut poursuivre les études des projets dont la VAN calculée ainsi, sur des bases bien plus fragiles qu'au stade de la DUP, sera positive, et qu'il faut arrêter les autres ?).

* * *

L'évaluation socioéconomique est l'un des éléments permettant au public de participer à l'élaboration des décisions, conformément à la convention d'Aarhus et à la charte constitutionnelle de 2005. Chacun connaît les écueils et les difficultés de cette participation. Il semble en tout cas important, pour la rendre possible et fructueuse, que les informations données au public en matière d'évaluation socioéconomique ne fassent pas d'amalgame entre deux postures dont la première me paraît légitime, contrairement à la deuxième :

– fournir des avis d'économistes experts sur les nombreuses questions posées par l'évaluation : prise en compte de la valeur du temps, de l'actualisation, du coût d'opportunité des fonds publics, des émissions de gaz à effet de serre, des impacts d'un projet sur la santé, sur la sécurité des transports, ou sur la biodiversité, etc. : le groupe de travail a largement exploré ces champs d'expertise multiples, inégalement avancés, et son rapport donnera probablement une vision à jour de l'état des connaissances et des pratiques recommandées en la matière ;

– fournir une évaluation intégrée assurant, sous l'égide de ces experts, la hiérarchisation des différents éléments et traduisant donc la volonté supérieure de la société dans toutes ses composantes. Cette tentation « technocratique » (au sens étymologique du mot, puisqu'elle reviendrait à déterminer la « bonne » décision à prendre à partir d'un calcul de techniciens experts) ne peut que se heurter à un rejet justifié de la part du public.

(1) Ce qui est pourtant une situation très couramment admise par la société, heureusement, en matière de valeur esthétique ou éthique.

C'est ce point de vue qui motive ma position sur la nécessité de faire évoluer en profondeur la pratique actuelle (plutôt que de l'étendre, dans son état, du stade de l'enquête publique à celui du débat public), en renonçant à la pratique du calcul d'un indicateur agrégé unique tel que le TRI ou la VAN.

Du sens d'indicateurs synthétiques pour l'évaluation socioéconomique des projets

Dominique Bureau

La note de Michel Badré appelle à une évolution en profondeur de la pratique actuelle en matière d'évaluation socioéconomique, renonçant à la pratique du calcul d'un indicateur agrégé unique tel que le TRI ou la VAN. Cette orientation se nourrit d'abord d'un ensemble de constats sur les pratiques des maîtres d'ouvrage, qui est peu contestable, et dont l'approfondissement conduirait encore à renforcer le sentiment d'insatisfaction par rapport aux conditions dans lesquelles sont aujourd'hui éclairés les choix d'investissements publics. L'analyse soulève par ailleurs diverses questions sur la portée et les limites de la « monétarisation ».

L'identification des voies de progrès et des orientations à donner pour cela nécessite cependant de distinguer plusieurs niveaux de questions différents, que l'on qualifie ci-dessous en termes volontairement abrupts pour bien mettre en exergue que si toutes ces questions sont imbriquées, les unes mettent plutôt en cause les acteurs (cf. deux premières questions concernant les maîtres d'ouvrage et la gouvernance de l'évaluation), les autres les méthodologies (unicité du critère, monétarisation).

Quatre niveaux de questions

1. Les évaluations de VAN et TRI fournies par les maîtres d'ouvrage à l'appui des dossiers de DUP sont-elles satisfaisantes, et méritent-elles d'être étendues au débat public en amont ?

2. Les évaluateurs fournissent-ils les éléments appropriés pour éclairer la décision et y sont-ils incités ?

3. Les indicateurs utilisés en pratique se situent-ils à l'état de l'Art du « Calcul économique » ?

4. Quel est le sens d'un indicateur monétarisé agrégé ?

Le fait que les réponses aux trois premières questions soient négatives n'empêche pas, de mon point de vue, qu'il faut pourtant réaffirmer, pour les raisons développées ci-dessous, le besoin d'accompagner tout dossier de prise en considération de projet ou de décision, d'une évaluation d'impact, permettant d'en apprécier la balance coûts-avantages en termes synthétiques.

L'utilisation du calcul économique

La première question signale en effet qu'il faut distinguer entre ce que produisent les évaluateurs, et la manière dont les maîtres d'ouvrage l'utilisent. À cet égard, les « financiers » pourraient être aussi critiques que les environnementalistes sur certains chapitres de dossiers de DUP. Le problème ici n'est donc pas la « monétarisation », mais l'absence de transparence et la tentation « d'asséner le bon choix » plutôt que le souci de fournir les éléments d'appréciation pour que chacun puisse se forger sa conviction.

Pour autant, ne pas fournir de pondération n'est pas, en général, le bon moyen pour éclairer les choix, le public n'ayant aucune raison, par exemple, d'avoir les éléments pour apprécier les poids relatifs du « CO_2 » et des « effets sanitaires des particules fines » à prendre en compte pour juger de l'écart gazole-super.

Plus généralement, le risque d'instrumentalisation de l'expertise est sûrement encore plus grand avec les méthodes multicritères, alors même que l'on ne peut sous-estimer le risque de capture du processus de décision par des intérêts privés, quels qu'ils soient. De plus, le problème se pose dès les étapes amont d'élaboration des projets, ce qui justifie que l'on se pose la question des éléments sur les coûts et les avantages des projets à fournir au stade du débat public.

Mais il faut souligner alors que l'évaluation ne peut se développer que si, en amont, les maîtres d'ouvrage poursuivent des objectifs suffisamment alignés avec l'intérêt général. Les évaluateurs ne peuvent être tenus pour responsables des carences des maîtres d'ouvrage.

Les deux questions suivantes, qui concernent plus directement la gouvernance de l'évaluation, sont développées plus avant dans la note jointe (qui reprend des extraits des deux dernières parties d'un article des *Annales d'économie et statistique*, hors-série n° 1, 2012).

Quel type de critère ?

S'agissant de l'unicité du critère et de la monétarisation, il faut tout d'abord rappeler que la question que se pose le calcul économique est très concrète et quotidienne : dans quelle mesure les impacts bénéfiques d'un projet ou d'une norme justifient-ils les prélèvements sur le pouvoir d'achat que nécessitera son financement ou la charge pour les entreprises qui devront s'y conformer ?

Les économistes ont tendance à résumer cela en « le projet crée-t-il de la valeur sociale ou en détruit-il ? ». Cela a le mérite de souligner que l'on ne peut en rester à des considérations vagues sur les avantages et les inconvénients. Au final, un choix (de faire, de ne pas faire, ou de continuer à instruire) sera fait, qui reflétera des pondérations explicites ou implicites, entre des objectifs indéniablement conflictuels : un hectare ne peut servir simultanément à l'urbanisation, la production d'aliments, de biocombustibles ou carburants, ou à la conservation de la biodiversité ; une innovation sur les moteurs peut améliorer leur bilan CO_2 au détriment des NOX ; la sortie du nucléaire peut compliquer la décarbonation du secteur énergétique… Comment arbitrer alors entre ces intérêts contradictoires ?

L'idée qui sous-tend le recours à l'analyse coûts-avantages est qu'il vaut mieux assurer la transparence sur les pondérations qui seront appliquées de fait, et fournir les éléments de référence pertinents à cet égard. Mais, il ne s'agit nullement de dire, dans l'absolu, si un impact mérite ou non l'intérêt.

Par ailleurs, s'il est exact qu'un apport fondamental de l'économie publique, de Dupuit à Hicks et Kaldor, a été de construire un critère d'agrégation pour éclairer cette question de choix, il faut rappeler :

– que ce critère de l'analyse coûts-avantages est conditionnel à l'analyse des impacts redistributifs associés, ce qui devrait pousser – obliger – à accompagner toute évaluation d'une analyse des mesures d'accompagnement à envisager ;

– et que (cf. citation de Marcel Boiteux dans la note jointe), non seulement, il ne saurait être question de masquer les incertitudes des évaluations et le besoin qui en découle de « jugement » pour décider, mais que, si la recommandation est d'agréger tout ce qui peut l'être en l'état des connaissances…, pour ce qui ne peut l'être, un exposé motivé vaut évidemment mieux qu'un calcul sans fondement.

Annexe (Extraits de « L'évaluation économique et la décision publique dans le domaine de l'environnement », *Annales d'économie et de statistique*, Hors-série, 2012, p. 183-212)

L'insertion de l'analyse coûts-bénéfices dans le processus de décision et la gouvernance de l'évaluation : le cas de l'environnement

Dominique Bureau

La production de références « monétarisées » sur l'environnement, dans le cadre du rapport Stern pour le climat, ou du rapport Chevassus-au-Louis pour la biodiversité, a incontestablement permis de progresser. Pour autant, la place à accorder à l'analyse coûts-bénéfices (ACB) dans le processus de décision demeure controversée.

De manière générale, l'idée d'un calcul économique fournissant des résultats objectifs, uniques et définitifs, est en effet à nuancer : l'incertitude qui demeure souvent sur certains paramètres-clés, ou plus en amont sur certaines hypothèses de comportements des agents vis-à-vis de l'incertitude et du long-terme, demeure non négligeable ; et, souvent le contexte dans lequel il faut se situer est de second rang… Ceci suggère d'utiliser plutôt l'ACB comme une « maïeutique », pour objectiver les effets des différentes décisions envisageables, et rendre plus transparent le processus de décision, ou plus difficile sa capture par les lobbies industriels ou environnementaux, ou la démagogie. Le souci de modestie sur l'ACB ne doit pas cependant amener à gommer ses spécificités, par rapport à d'autres approches moins rigoureuses, et dont le critère n'est pas le bien-être collectif.

À titre illustratif, il est frappant que les études d'impact du Grenelle de l'environnement les plus médiatisées aient été celles qui se focalisaient sur son impact sur l'emploi à court-terme, en recourant de plus à des méthodes (calculs de contenus totaux en emplois, ou modèles macroéconomiques) plus ou moins fondées. Au contraire, le débat sur l'évaluation coûts-avantages de ces mesures est resté pratiquement absent, bien que de telles évaluations aient été réalisées par le service d'études économiques du ministère de l'Écologie.

Comme le soulignait Boiteux (1994) : *« Le calcul économique, malgré toutes ses insuffisances, est encore ce qu'il y a de mieux pour évaluer [les projets publics…]. Il a l'avantage de permettre une comparaison de chiffres, même si ces chiffres ne sont pas fabriqués de manière uniforme. Les méthodes utilisées sont en effet les mêmes, dérivées de la théorie des utilités (…). Pour ce qui ne peut être incorporé, une présentation d'argumentaire est préférable à l'application d'une méthode multicritère qui peut conduire à attribuer une valeur « scientifique » à une présentation qui n'en a pas. L'évaluation ne dispense pas d'une réflexion stratégique en amont, qui est à mener au plan politique ».*

Ce dernier élément suggère que la question de l'articulation avec la décision est un sujet en soi. D'ailleurs, l'amélioration substantielle des estimations, comme on l'a observé pour l'environnement, est cruciale, mais elle ne change pas toujours la donne des relations entre l'ACB et le politique. La question de la robustesse des ACB n'est donc qu'un élément du problème. De plus, l'ACB est justement un moyen de synthétiser toute l'information disponible, pour des choix qui doivent en tout état de cause être faits en situation d'incertitude. Ceci

justifie donc d'insister sur l'importance des études de sensibilité, par exemple, mais non d'écarter ces méthodes pour ce motif.

En revanche, il faut s'intéresser au processus de décision lui-même. Certes l'analyse économique normative distingue strictement ce qui relève du critère d'efficacité, et aboutit à l'ACB, et ce qui relève de la redistribution. Ainsi, il est tentant de considérer que le rôle des experts économiques est de déterminer, par l'ACB, les niveaux d'ambition des politiques environnementales, normes de rejets ou définition des taxes pigouviennes, et que le rôle du politique se limite à la définition des compensations équitables à mettre en place.

Non seulement une telle vision « technocratique » semble très éloignée des réalités institutionnelles, qui font, par exemple, que c'est au plus haut niveau de l'État qu'avait été fixé le montant de l'écofiscalité pour le projet de taxe carbone présenté au Parlement en 2009 (17 € par tonne de CO_2, contre 32 € préconisés par les experts). Mais elle ne reflète pas non plus les caractéristiques du problème de décision à résoudre : d'une part les problèmes d'efficacité et d'équité sont très imbriqués quand il s'agit des politiques environnementales ; par ailleurs, l'idée que les experts économiques auraient le monopole de l'information pertinente est très contestable. Si l'on prend l'exemple des tramways, on constate que leur renouveau dans les grandes villes françaises s'est traduit par des succès de fréquentation non anticipés par les économistes. Dans ce cas, les politiques avaient sans doute une meilleure perception des écarts de qualité avec les bus, et des effets environnementaux ou structurants de ces infrastructures.

Ces constats ne remettent pas en cause la démarche d'économie normative qui sous-tend l'ACB, dès lors que celle-ci est mise en œuvre avec intelligence par rapport au problème considéré. En revanche, ils obligent à s'interroger sur les conditions institutionnelles de production et d'utilisation des ACB. À cet égard, les questions sont nombreuses : comment choisir les experts ? Quel pouvoir leur donner ? Quelles incitations ? Comment construire les compétences appropriées ?

1. La neutralité de l'expert en question

Dans son premier rapport sur les externalités des transports de 2001, Boiteux recommandait très vivement d'entreprendre de nombreuses études, notamment sur les valeurs à associer au confort et à la qualité de service, en transport collectif urbain. Il était noté que le London Transport intégrait lui, dans ses évaluations d'investissements, des coefficients de pénibilité, révélés à partir d'enquêtes, pour certaines parties de trajet, ce système permettant de valoriser les mesures supprimant des correspondances, des temps d'attente, de la congestion dans les rames, ou des escaliers. Des recommandations similaires d'approfondissement étaient faites pour le bruit, et les effets sanitaires des particules fines. En dix ans, peu a été fait en ces domaines, moins « nobles » en termes de projets à réaliser, alors que beaucoup aurait pu l'être, compte tenu des données et méthodologies disponibles, rappelées ci-dessus. De même, il avait fallu des dizaines d'années pour que les experts acceptent de relever la valeur de la vie humaine, et accordent aussi une priorité suffisante aux problèmes de sécurité routière.

Par ailleurs, les ACB sont souvent entachées d'une forte suspicion par les différentes parties prenantes : les scénarios choisis sont-ils les bons ? Ne propose-t-on pas souvent la combinaison d'un scénario « repoussoir », et d'un scénario manifestement irréaliste, pour essayer de convaincre que le troisième, correspondant à la décision que l'on veut prendre, est incontournable ? Les avis de l'Autorité environnementale, mise en place pour satisfaire les obligations européennes en matière d'évaluation environnementale des projets et des « plans-programmes », soulèvent systématiquement ce type de questionnement, au-delà de leur objet premier qui est de s'assurer que les impacts environnementaux sont correctement recensés et analysés.

Plus sensible encore pour les problèmes de développement durable, où l'incertitude scientifique est réelle et contraignante pour la décision, est le constat d'Henry suivant lequel s'y ajoute, souvent une incertitude « fabriquée », le processus étant soutenu par des

scientifiques de renom dans d'autres disciplines se prêtant au jeu de : « *… se saisir de la part inévitable d'incertitude que comporte une science attachée à un système complexe (que ce soit le climat, le corps humain, une forêt tropicale, l'océan…), monter en épingle cette part d'incertitude, l'amplifier, la fabriquer le cas échéant, pour discréditer des résultats scientifiques appelant des politiques dont ils ne veulent pas…* ».

Ainsi, il apparaît que les experts ont des préférences « propres », qu'ils essaient d'influencer les choix lorsqu'ils sont questionnés, et que, dans le domaine des politiques environnementales, les risques de capture par des intérêts privés sont particulièrement élevés. Dans ces conditions, les incitations des producteurs d'ACB à fournir des évaluations pertinentes et de la meilleure qualité, et leurs biais éventuels ne peuvent être ignorés. Certes, le reconnaître présente le risque, souligné à juste titre par Malinvaud, de donner des arguments à tous ceux qui ont intérêt à discréditer le calcul économique, pour orienter la décision dans le sens qu'ils voudraient. Mais c'est nécessaire pour établir (ou rétablir) des modes d'organisation efficaces de l'évaluation au sein de l'État, y compris d'ailleurs pour le développement d'une éthique pour ce type d'activité.

Le rôle de l'expert n'est d'ailleurs pas univoque. Il dépend de la nature des décisions à prendre. En effet, la délégation de la décision à une autorité indépendante est préférable : lorsque le public est mal informé sur la décision optimale ; que l'acquisition de cette information est coûteuse, de même que celle sur la qualité des décisions prises ; ou que la décision risque de toucher particulièrement une minorité. Maskin et Tirole montrent qu'il faut aussi limiter le pouvoir de discrétion de telles autorités, et ne pas leur confier les décisions les plus importantes. La difficulté rencontrée pour établir de bonnes institutions pour la décision environnementale, lorsqu'elle concerne les biens globaux, ou pour organiser les systèmes de sécurité sanitaire, n'apparaît ainsi pas surprenante, ces recommandations apparaissant justement contradictoires dans ces cas.

Dans l'ensemble, ceci conforte plutôt l'idée que les décisions structurantes en matière de politiques environnementales relèvent du politique. Il faut noter d'ailleurs que les promoteurs du calcul économique n'ont jamais nié ce point, Massé affirmant, de manière très générale, dans son ouvrage sur « le calcul économique », que : « *Le choix prend appui sur le calcul, mais l'interprète et le dépasse. Bref, il y a un art des décisions qui utilise et transcende la science de la préparation des décisions* ».

Dans cette perspective, l'ACB apparaît comme un service fourni, pour aider la décision, dans une relation de type principal-agent. Mais il faut alors s'assurer de la sincérité de l'expertise, puisque, sinon, ses producteurs peuvent, en anticipant l'utilisation qui en sera faite, infléchir la décision dans le sens qu'ils souhaitent.

Pour cela, les mécanismes à mettre en place sont divers : mécanismes de revues par les pairs et publications, pour apprécier la compétence des experts ; pénalités suffisantes en cas de transmission d'informations manifestement non objectives ou erronées ; appel à des experts éloignés pour combattre les habitudes ou les unanimités factices ; surveillance des conflits d'intérêts potentiels ; choix de modes de régulation limitant les enjeux de collusion avec les secteurs industriels concernés par les décisions, etc.

2. L'évaluation et l'économie politique de l'environnement

L'affirmation d'une certaine primauté du politique ne peut pas plus être conçue comme un dogme absolu. Elle ne vaut que pour les options principales des politiques, pour lesquelles sa connaissance des préférences du public est incontournable. Mais leur mise en œuvre doit ensuite être confiée à des agences, dont les missions peuvent alors être bien « focalisées », ce qui permet de tirer les bénéfices de leur spécialisation pour traiter de problèmes complexes techniquement.

La ligne de partage à opérer entre les deux dépend de la qualité et de la capacité des institutions politiques, sachant que l'on se trouve souvent loin de la situation idéale où la démocratie représentative s'imposerait, ce qui nécessite en effet que l'opinion publique soit

elle-même bien informée, et que le risque que la décision majoritaire pèse excessivement sur un groupe particulier soit limité.

En termes d'organisation de la décision, le domaine de l'environnement correspond au cas défavorable, où la décentralisation de l'information à des agents ou acteurs qui ne sont pas « petits » sur les marchés concernés met beaucoup de contraintes sur la performance que l'on peut espérer atteindre des processus de décision publique. Les problèmes d'acceptabilité et de compensation y sont aigus. De plus, ceci vaut aussi bien pour les externalités locales que globales. Ainsi Tirole, par exemple, insiste, dans son rapport sur la politique climatique de 2009, sur la nécessité d'aborder de front les problèmes de compensation, pour lever les réticences des grands émergents, car ils concentrent aussi les gisements les plus importants de réduction d'émissions de gaz à effet de serre à faible coût. Plus généralement, le lobbying est particulièrement développé dans ce domaine, et le risque de capture très fort.

Laffont avait aussi montré avec Boyer que la diversité des instruments utilisés en pratique par les politiques environnementales et leur apparente sous-optimalité pouvaient s'expliquer par cette économie politique. En effet, les enjeux environnementaux concernent de manière très variée et très hétérogène les différents agents, si bien que les majorités risquent plutôt de faire plaisir à tel ou tel, que de maximiser le bien-être social. L'alternance politique conduirait alors à des fluctuations excessives des politiques environnementales, justifiant un cadre « constitutionnalisé », pour réduire la discrétion du législateur.

Dans ce contexte, le rôle de l'ACB devrait être d'informer sur les impacts des politiques envisagées en termes de bien-être, et, surtout pas, de cautionner l'éventuelle capture des politiques par des intérêts particuliers, ou cette excessive volatilité des politiques. Mais ceci peut être difficile à concilier avec le souci de mettre pleinement l'expertise au service du décideur. Ces conflits peuvent cependant être allégés en considérant deux lignes de réflexion complémentaires :

– affirmer le critère de bien-être social visé par l'ACB, en la différenciant nettement des études partielles ou multicritères qui n'ont pas ce même objectif d'éclairage synthétique des politiques en termes de bilan ;
– compléter celle-ci, pour que le décideur ait connaissance des instruments de compensation les moins distorsifs.

En effet s'ajoute souvent au risque de capture proprement dit le fait que le décideur n'a pas véritablement de connaissance de l'ampleur des compensations qui peuvent légitimement être envisagées, Guesnerie montrant, à propos de l'EU-ETS, à quel point il y a eu surcompensation des impacts aux industriels concernés, ni des instruments permettant de les réaliser au mieux. En pratique, ceci se traduit par la multiplication des exemptions et des taux réduits, reflétant le poids des lobbies concernés, qui réduisent drastiquement l'efficacité des instruments économiques, alors que des solutions existent pour alléger les conflits entre efficacité environnementale et redistribution. Dans le cas du projet de taxe carbone, la multiplication des taux eu égard à l'objectif incitatif poursuivi avait justement choqué le Conseil constitutionnel. Mais il n'avait pas alors été vu que certains abattements ou allocations gratuites de permis sont justement la condition nécessaire, temporairement, pour éviter ces distorsions du signal-prix.

3. La gouvernance de l'évaluation

Les évaluateurs ont tendance à rêver d'une agence publique, centralisée et indépendante. Mais comment éviter le risque de la bureaucratisation, par exemple ? Par ailleurs, l'intérêt de l'ACB est non seulement de dire si un projet est socialement utile ou non, mais aussi de stimuler son optimisation, et d'identifier ses conditions de réussite. Dès lors, le lien avec un client de l'évaluation – décideur ou partie prenante – est stimulant, et doit être valorisé, même si cela nécessite de trouver les règles appropriées en matière de publicité (ou au contraire d'exclusivité) des résultats. En tout état de cause, les expériences de comités centraux d'évaluation ont souvent été décevantes, ceux-ci se trouvant confinés à l'examen de projets ponctuels, plus ou moins marginaux.

Si l'on considère par ailleurs l'expérience française de l'après-guerre en matière de calcul économique public, structurée autour du Commissariat général du plan et du Conseil de direction du Fonds de développement économique et social (FDES), il apparaît que ces institutions n'étaient pas elles-mêmes productrices de calcul économique, mais plutôt : fournisseurs de référentiels avec, comme paramètre-clé, le taux d'actualisation ; et lieux de confrontation, ou de contre-expertise, d'évaluations dont la production première appartenait aux ministères ou entreprises publiques en charge de chaque domaine. On se trouvait donc plutôt dans une logique d'audition des « avocats » des différentes causes, pour permettre un arbitrage politique éclairé.

Ce schéma d'organisation apparaît en ligne avec celui qui tend à émerger dans le domaine de l'environnement, dont l'élément fondateur est une obligation systématique d'évaluation des nouvelles régulations, en termes de coûts et d'avantages pour la collectivité. Aux États-Unis, ce type d'obligation s'est progressivement construit sous les présidences Carter, Clinton et surtout Reagan.

La certification de ces évaluations, et la manière dont le débat public ou interinstitutionnel peut s'en saisir, conditionnent leur utilité dans le processus de décision. La normalisation des méthodes et des chiffres est alors précieuse pour assurer la qualité scientifique du travail. Mais cette validation strictement scientifique des ACB pourrait en partie se faire par le biais des méthodes habituelles, « académiques » (système des « référés »). Vu leur enjeu pour l'élaboration de la décision publique, il est cependant normal d'être ici moins favorable à l'innovation pour elle-même, et, au contraire, de s'astreindre au respect de référentiels préétablis. En effet, cela facilite ensuite la compréhension partagée des résultats, et, surtout, rend plus difficile la capture ou la manipulation des ACB, ce qui est crucial.

Dans cette perspective, les règles posées par Arrow et Solow pour les évaluations contingentes, à la demande de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), ont joué un rôle essentiel : au-delà de bonnes pratiques méthodologiques, il s'agissait en effet de poser les conditions de preuve, pour qu'un résultat économétrique puisse être considéré comme significatif, et par là incorporable dans l'ACB. La définition de valeurs tutélaires pour certains paramètres-clés de l'ACB relève de la même stratégie.

De l'utilité du calcul économique dans le débat public

Luc Baumstark

20 juin 2013

Objet : éléments de discussions suite aux observations de Michel Badré, président de l'autorité environnementale du CGEDD, sur les conclusions du groupe de travail concernant les méthodes d'évaluation socioéconomique des projets d'infrastructures de transport.

Cette note critique nous place au cœur de ce qui motive l'actualisation des rapports engagés au Commissariat général du Plan puis au CAS qui visaient à adapter le calcul économique public aux attentes sociales actuelles.

L'expérience de l'observatoire est extrêmement précieuse pour comprendre les difficultés de toutes sortes qui contraignent, sur le terrain, les évaluations et les rendent dans certains cas non pertinentes, voire contre-productives. Le groupe de travail ne peut pas ne pas tenir compte de l'implémentation réelle de ces outils sous peine de réduire le calcul économique à un exercice intellectuel loin de mettre en œuvre concrètement les prétentions qu'il affiche par ailleurs : celles de dire l'intérêt général.

À la lecture de cette analyse plusieurs critiques sont à relever :

– la première porte sur l'absence d'analyse critique du calcul économique standard ;

– la deuxième, qui revient à plusieurs reprises, porte sur la question de l'indicateur unique censé résumer l'intérêt du projet ;

– la troisième porte sur la pertinence d'utiliser ce type d'outils dans certaines phases du processus de décision, et particulièrement dans le débat public ;

– la quatrième plus ouverte porte sur la manière d'organiser la place des experts et particulièrement des économistes dans le débat public.

1. Tout d'abord, en quelques lignes Michel Badré fait un résumé saisissant de la situation actuelle : les exemples cités, précis et convaincants démontrent que nous sommes dans certains cas dans une caricature d'évaluation et qu'on peut dès lors légitimement se demander quelle est l'utilité de ce type de travaux : absence de transparence, absence de désagrégation de la VAN, absence de tests de sensibilité sur les paramètres les plus sensibles du calcul, absence d'articulation entre les approches qualitatives et quantitatives, absence d'un minimum de précisions sur les hypothèses des calculs et notamment celles sur le cadre économique dans lequel on se projette, des imprécisions troublantes sur les taux d'actualisation utilisés, etc.

La liste pourrait sans doute être plus longue.

Il convient déjà d'affirmer avec force que ces pratiques ne peuvent prétendre se fonder sur les rapports de l'administration relatifs à l'usage du calcul économique qui ont sur l'ensemble de ces points faits des propositions et des recommandations précises qui manifestement ne passent pas dans la pratique. Ce qui est exposé ici est

totalement inacceptable. Il y aurait unanimité pour en convenir. Décrites de la sorte ces études ont effectivement peut d'intérêt et renforcent le caractère technocratique de l'outil.

Quelle conclusion faut-il en tirer ? Et c'est là qu'on peut soutenir des positions divergentes. Il ne s'agit pas de critiquer l'outil mais bien la manière dont il est utilisé.

Tout d'abord il n'est pas certain que les éléments critiques soulignés dans ces études ne se retrouveraient avec d'autres méthodes. Ils traduisent un problème de fond qui dépasse largement la question de l'outil utilisé.

De ce point de vue, le rapport ne va pas sans doute suffisamment loin dans le diagnostic de cette situation pour comprendre précisément l'ensemble des paramètres qui peuvent expliquer ce type de pratique. Certains ont pu dire à ce sujet, qu'il faut chercher dans l'absence de rôle effectif donné à ces calculs la principale raison de la faible qualité de ces études, et soutiennent que pour obtenir des études répondant à des minimums scientifiques il faut consentir des coûts importants (modèles, données, procédures, réflexions théoriques, etc.). Ceux-ci ne peuvent être obtenus que si le système leur fait jouer un rôle significatif, à défaut il ne faut pas s'étonner d'un réel désinvestissement des acteurs sur leur production.

En conclusion, sur ce point, il paraît effectivement utile de rappeler que le développement du calcul économique passe moins par la sophistication de l'outil que par l'analyse critique des processus dans lesquels ce calcul est réalisé, mobilisé, approprié. On quitte ici la science économique proprement dite pour entrer dans des analyses de sciences politiques. Ces éléments ont largement été développés dans les rapports du Plan puis du CAS (voir par exemple le rapport Gollier sur l'intégration du risque dans les études qui consacre à cette question tout un chapitre, et les propositions de ce rapport). Ces développements restent sans doute trop abstraits. Il serait sans doute souhaitable de travailler *ex-post* sur la qualité de ces études et des processus par lesquelles elles ont été produites.

2. La question de l'agrégation est une question particulièrement ardue et qui n'est pas nouvelle. Il est difficile en quelques lignes de revenir sur l'ensemble des réflexions théoriques traditionnelles.

La première chose qu'il faut souligner c'est que le rapport et le groupe de travail dans son ensemble (c'est une constance dans les rapports du Plan puis du CAS) n'ont jamais recommandé que la décision d'engager un projet repose mécaniquement sur le seul résultat agrégé de la VAN. Il est souvent proposé au contraire de faire du calcul désagrégé qui permet de repérer les composantes de la VAN, la manière dont le bénéfice du projet est capitalisé par les différents acteurs. Il est souvent explicité qu'il convient dans les études de faire des tests de sensibilité (et donc nécessairement plusieurs VAN), qu'il convient de décrire de manière qualitative certains aspects du projet, etc. La VAN s'inscrit dans une démarche globale d'analyse. Résumer cette démarche à un chiffre revient à appauvrir ce que la VAN elle-même peut apporter.

La critique de l'unicité de l'indicateur porte davantage sur ce qui est pratiqué *in fine* que sur ce qui est recommandé.

Cela étant, ces éléments peuvent modérer la critique mais ils ne répondent pas à l'interrogation fondamentale de l'agrégation opérée par le calcul de la VAN. Clairement, c'est une ambition qui est assumée dans les différents rapports promouvant l'usage du calcul économique et qui invite à mesurer les coûts et les avantages à l'aulne d'un même instrument de mesure. Ce point est essentiel. C'est là la fragilité de l'outil mais aussi toute sa puissance.

Il existe plusieurs raisons pour maintenir cette ligne. Les alternatives souvent proposées ne résolvent pas la question de l'agrégation, l'outil calculatoire permet d'apporter une cohérence entre différentes décisions (ne pas se retrouver pour un même avantage à le valoriser implicitement avec des ordres de grandeur différents dans des situations différentes à des périodes différentes), il est important à un moment de la discussion de rapporter les attendus du projet aux coûts qu'ils représentent pour la collectivité pour les obtenir et d'expliciter les pondérations entre les différents aspects du projet, et de pouvoir faire des comparaisons dans un cadre commun. Le calcul de la VAN permet d'obtenir cette analyse avec une rigueur et une cohérence incontestables. On sait précisément comment elle est obtenue. C'est justement pour cela qu'elle peut être discutée.

Par ailleurs, il est bien clair que chacun peut valoriser différemment telle ou telle externalité, mais cela représente une situation problématique du point de vue de l'intérêt général. Le débat public est là pour permettre de les exprimer. Traditionnellement on conçoit l'importance pour discuter de l'intérêt général de réaliser un calcul « dans le voile de l'ignorance », c'est-à-dire sans identifier *a priori* les individus concernés. Ce qui n'interdit pas de confronter ensuite les points de vue. Les valeurs tutélaires, dont on peut discuter le processus de production, visent bien à produire un référentiel sur ce que la collectivité est prête à consentir pour obtenir tel ou tel avantage, ou se prémunir de tel ou tel effet négatif. C'est là leur intérêt de définir un cadre totalement déconnecté de l'affaire qui est discutée. C'est en cela qu'elles peuvent être utiles au débat !

3. Concernant la critique sur le moment privilégié pour produire ces études économiques.

On comprend le paradoxe qui est soulevé ici : d'une part, le calcul économique pour être sérieux nécessite une définition précise du projet, mais le projet est d'autant plus précis que la décision est avancée dans le processus et dans ce cas le calcul économique apparaît comme une justification *a posteriori* d'une décision prise en amont. Par ailleurs, le rôle du calcul économique est bien d'éclairer les choix et les débats publics. C'est bien dans cette situation qu'il apparaît le plus utile. Au moment même où les intérêts se confrontent et où il faut arriver à les dépasser. De ce point de vue, sans ignorer les problèmes techniques et donc de faisabilité que cela pose, le calcul économique apporte un élément utile dans les débats et il faut bien au contraire produire ces éléments le plus en amont possible. C'est justement là qu'il peut être approprié dans la discussion où chacun doit se forger son opinion sur l'utilité sociale d'un tel projet. Il faut donc retenir deux choses :

– utiliser les outils du calcul économique en amont des projets y compris en donnant une idée de la VAN qui est un indicateur parmi d'autres ;

– procéder à des calculs simplifiés (et les expliciter comme tels). Il existe plusieurs méthodes utilisées dans d'autres circonstances (rapporter le projet considéré à un

projet similaire par exemple) ce qui suppose un effort de capitalisation des études, d'analyse systématique *ex-post* pour construire des référentiels qui peuvent être contestés mais qui ont le mérite de donner des premières indications utiles.

Les problèmes d'automaticité sur le niveau de la Van peuvent également être contournés, c'est davantage un problème de communication (on peut par exemple proposer une distribution de Van selon différents scénarios, etc.).

On arrive au dernier point qui est sans doute celui par lequel les problèmes précédents pourraient être dépassés (ce qui ne veut pas dire supprimer).

4. L'analyse faite par M. Badré, et qui repose sur une forte expérience de terrain, pose la question de l'utilisation de l'outil et donc de l'idée que peuvent s'en faire leurs promoteurs ou leurs détracteurs.

L'interprétation des résultats obtenus suppose un minimum de maîtrise de l'économie qu'il n'est pas possible d'obtenir dans un débat qui, lorsqu'il est organisé, obéit à d'autres logiques. Mais cela ne veut pas pour autant dire qu'on ne peut pas utiliser les résultats dans un débat public. Ce problème est moins un problème de doctrine ou un problème technique qu'un problème de communication, voire de vulgarisation. C'est un point sur lequel l'administration semble très en retard. Il y aurait un véritable travail à engager pour construire des outils de communication pouvant relayer les éléments intéressants du calcul économique sous une forme, sans doute pas très académique, mais susceptible de parler et d'être repris y compris par les médias.

C'est un exercice qui est souvent sous-estimé parce qu'on le considère comme futile et très coûteux. Dans le pays de Descartes, il y a sans doute une tendance à penser qu'il y aurait un certain abaissement de l'esprit à se livrer à un marketing de bas étage.

En fait, être capable de traduire devant une assemblée tous les éléments problématiques qui ressortent d'un calcul économique sophistiqué est une opération qui nécessite une maîtrise de l'outil (déjà), un savoir-faire particulier et sans doute des outils adaptés. Entre l'expert et débat public, il faut penser à ceux qui sont susceptibles d'engager ce qui est une véritable traduction (dans les deux sens).

La présentation des résultats doit dépendre de l'usage qu'on souhaite en faire. L'exposition des résultats ne peut pas être la même selon qu'on s'adresse aux évaluateurs, aux décideurs éclairés, au grand public, ou au monde académique. Mais cela ne remet absolument pas en cause l'outil, mais son appropriation et les moyens qu'on mobilise pour que celle-ci soit possible.

Au total et paradoxalement la position critique de Michel Badré n'est pas aussi éloignée des principales recommandations du travail du groupe, même si l'on comprend qu'il ne souhaite pas voir renforcer des pratiques qui aujourd'hui posent de nombreux problèmes. La différence d'appréciation porte sur la capacité de cadre théorique à faire évoluer les pratiques dans une dynamique en phase avec les exigences du débat public. Il me semble que l'ensemble du groupe est sensible à ce que l'usage du calcul économique se développe. Le travail engagé n'a sans doute pas porté suffisamment sur ce point.

Plusieurs pensent que la « tension technocratique » dénoncée (redoutée) par Michel Badré et dont on comprend qu'elle fait effectivement difficulté, peut se transformer en « tension critique ». Tout dépend de qui fait le calcul économique. Il est tout à fait possible d'imaginer que les porteurs de projets soient eux-mêmes interrogés, voir désavoués, par un calcul économique critique remettant en cause les conclusions de leurs études, que le calcul interroge précisément l'appropriation privée de la richesse créée par un investissement public, que le calcul mette en exergue les catégories qui subissent des pertes que l'on peut chiffrer, que la valeur des gains de temps soit appréciée au regard de la destruction qu'ils imposent sur d'autres biens naturels, etc.

L'appropriation du calcul économique par les acteurs est un élément décisif. Aujourd'hui celui-ci est contrôlé par un nombre d'experts réduit souvent liés aux porteurs de projet. Le problème le plus saillant est sans doute celui-ci.

La note de Michel Badré reste silencieuse sur ce point. Notre rapport reprend une proposition traditionnelle, qui n'a jamais eu d'effet jusqu'ici, celle de l'instauration crédible d'expertises contradictoires. Ces expertises contradictoires feront tomber d'elle-même l'idée qu'une VAN ou un TRI peuvent décider d'un projet en montrant que ces indicateurs finaux sont la résultante de nombreux choix et que c'est bien ces choix qu'il convient de mettre en exergue et de discuter.

Note de la DGITM

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer

Paris, le – 3 JUIL. 2013

Monsieur le Président,

L'évaluation des investissements publics revêt une grande importance pour les activités de la DGITM. Nous tenons à souligner l'importance des travaux de la Commission que vous présidez et à témoigner de la richesse des débats qui s'y sont tenus.

Comme vous nous l'avez demandé lors de la dernière réunion, nous vous présentons ci-après nos commentaires en vue de la mise au point du rapport final.

1. Le système d'actualisation et la prise en compte du risque

Le maître d'ouvrage doit prendre en compte le risque systémique lié à l'incertitude sur la croissance économique. Il a le choix d'utiliser la méthode « au numérateur » ou la méthode « au dénominateur ». Ces deux méthodes offrent un langage commun.

Mais quel que soit le choix du maître d'ouvrage, celui-ci doit apporter, de plus, une attention spécifique aux risques afférents à l'estimation des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance, ainsi qu'aux prévisions de trafic. Ces risques sont d'un autre nature que le risque systémique.

La méthode au dénominateur, reposant sur des hypothèses simplificatrices, a l'avantage de la simplicité. Quand ces hypothèses sont vérifiées, elle conduit au même résultat que la méthode au numérateur.

La méthode au numérateur reste simple et pédagogique. Elle a la capacité à prendre en compte, en sus des risques non systémiques, des processus et des scénarios contrastés de croissance. Ceci permet notamment de réaliser les « *stress tests* », c'est-à-dire de mettre en évidence les variations de la VAN pour un même projet. Il est important que les scénarios soient normés dès que possible de sorte que les différents ministères puissent harmoniser leur application de cette méthode.

Les valeurs du « système d'actualisation » à retenir pour mettre en œuvre la méthode au dénominateur doivent naturellement être cohérentes avec les processus ou scénarios macro-économiques normés. Les valeurs à inscrire dans le rapport pour la méthode au dénominateur doivent ainsi être comprises comme des valeurs d'attente.

Monsieur Emile Quinet
Président de la Commission sur l'évaluation socio-économique du CGSP
Ecole des Ponts – ParisTech, Campus Jourdan
48 boulevard Jourdan
75014 PARIS

www.developpement-durable.gouv.fr

Arche Sud – 92055 La Défense cedex – Tél : 33 (0)1 40 81 21 22

A titre d'illustration, le système d'actualisation cohérent avec la proposition de scénarios de Christian Gollier, telle qu'établie dans le graphique « *Barro rencontre Lebègue* » de la section 3.5.2, s'écrit :

- 2 % + β x 1,5 % les 30 premières années ;
- 1 % + β x 2,5 % au-delà de la 30ème année.

Dans l'attente de la normalisation des scénarios de croissance, je confirme la préférence exprimée par mes représentants lors des réunions de la Commission en faveur d'un système d'actualisation qui prenne en compte de manière raisonnée les incertitudes sur la croissance et les possibles événements catastrophiques. Le taux d'actualisation est en effet très sensible au regard des enjeux du développement durable et du poids que la société entend donner aux générations futures.

Concernant enfin la valeur de β, il convient de saluer le travail de calibration sectoriel entrepris par la Commission, tout en recommandant de déterminer des β ajustés aux projets, chaque fois que c'est possible.

2. Le coût fictif de rareté des fonds publics

Le coût fictif de rareté des fonds publics (CFRFP) est destiné à prendre en compte la rareté budgétaire pour contribuer à une démarche de hiérarchisation des projets dans un plan ou un programme. Il n'intervient pas lorsque l'évaluation vise à apprécier la pertinence intrinsèque d'un projet.

oOo

Des progrès considérables ont été réalisés dans le calcul socio-économique. Il faut s'en féliciter et les encourager.

Le rapport devrait mentionner l'intérêt que les approches multicritères – qualitatives et quantitatives – prennent en considération les résultats du calcul socio-économique à leur juste place. A ce regard, la méthode retenue par la Commission « Mobilité 21 » est exemplaire et témoigne de l'utilisation possible de ces méthodes en vue d'aider à la décision.

Nous restons à votre disposition pour tout complément d'information et vous prions d'agréer, Monsieur le Président, l'expression de notre considération distinguée.

Le directeur général des infrastructures,
des transports et de la mer

Daniel Bursaux

Note d'Émile Quinet

7 juillet 2013

Cette note vise à expliquer ma position sur un sujet que plusieurs contributions de membres évoquent en regrettant qu'il ne soit pas abordé dans le rapport, à savoir l'analyse multicritère (AMC). Il s'agit effectivement d'un thème qui n'est pas traité, le terme lui-même étant à peine mentionné dans le rapport.

Il y a à cela une raison d'ordre procédural. Lorsque un programme de travail a été proposé au groupe lors de la première séance, en mai 2012, il y a plus d'un an, aucune remarque n'a été faite pour regretter l'absence de ce thème, ni durant la séance elle-même ni dans les semaines qui ont suivi. Les demandes pour aborder ce sujet n'ont été présentées de façon formelle que récemment, à partir de mars 2013, lorsque le rapport intérimaire, représentant le plus gros du travail du groupe, était terminé et qu'il était demandé de terminer le plus rapidement possible les travaux complémentaires sur le système d'actualisation.

Plus fondamentalement, l'AMC n'est pas un sujet nouveau ; c'est l'objet de débats idéologiques qui persistent depuis plusieurs décennies et qui ne sont certainement pas prêts de finir. Sans prétendre le clore par cette courte note, je voudrais livrer ici quelques réflexions rapides sur le sujet.

Si l'on veut dépasser les considérations abstraites et entrer dans le concret, on observe que l'analyse monocritère, qu'on oppose souvent à l'AMC, n'a pas d'existence réelle : nulle part les décisions n'ont été prises sur le seul critère de l'évaluation socioéconomique ; les constatations faites dans le cadre des travaux du rapport montrent d'ailleurs que les décisions réelles ne tiennent guère compte du calcul économique. La question n'est donc pas d'opposer AMC et évaluation socioéconomique, mais de se situer dans l'ensemble des procédures de décision telles qu'elles se pratiquent ou pourraient se pratiquer. De ce point de vue, on peut pour simplifier dans le cadre de cette courte note, distinguer deux cas extrêmes d'AMC qu'on pourrait qualifier respectivement de « sophistiquée » et de « pragmatique ».

La méthode sophistiquée, bien étudiée par la littérature scientifique, vise à créer un dialogue construit entre les analystes et les décideurs. Elle suppose des conditions institutionnelles dont il n'est pas sûr qu'elles soient remplies en France ; elle fait appel à plusieurs disciplines des sciences humaines et à des développements mathématiques complexes. Elle n'a guère été mise en œuvre, on ne dispose pas de retour d'expérience suffisant pour en juger des mérites et des défauts.

La méthode pragmatique est celle à laquelle les tenants de l'AMC font le plus souvent référence. Elle consiste à faire une liste des critères qui paraissent vraisemblables, à placer des indicateurs sur ces critères, puis, comme en général la phase de recherche de critères en a fait apparaître un grand nombre, à les agréger partiellement à travers des pondérations jugées raisonnables, pour ne retenir au final qu'un petit nombre de « notes » correspondant à des grandes catégories de critères.

Ce type de procédure fait depuis longtemps l'objet de critiques bien connues, notamment reprises dans Boiteux I :

– elle présente des risques, et souvent plus que des risques, de double compte ;

– elle ouvre la voie à la subjectivité et à la discrétion des décideurs ;

– elle n'est pas toujours aussi transparente qu'elle paraît dans la mesure où les pondérations de sous-critères ne sont pas neutres (les méthodes sophistiquées permettent au prix d'une complexité supplémentaire d'éviter cet inconvénient ainsi d'ailleurs que le précédent).

Je voudrais ici attirer l'attention sur quelques aspects particuliers.

Très souvent l'AMC est utilisée dans l'idée que les valeurs unitaires utilisées dans le calcul économique ne reflètent pas les préférences des décideurs, par exemple qu'elles ne rendent pas compte de préoccupations de justice ou de considérations éthiques sur la valeur respective des différents biens. L'économiste n'a pas à entrer dans des débats de nature politique ou philosophique. On fera simplement remarquer que modifier les prix de marché du système productif peut entraîner des distorsions dont les conséquences sont difficilement prévisibles et risquent souvent d'aller à l'inverse de l'objectif qu'on s'était fixé, que si l'on a des préoccupations de justice, il y a d'autres moyens de les satisfaire, comme par exemple la politique fiscale, et que de toute façon disposer de l'information sur les consentements à payer est utile, ne serait-ce que pour évaluer la distorsion entre l'équilibre naturel et les préoccupations tutélaires qu'on peut vouloir imposer. En tout cas si, comme le recommande le rapport, l'on présente les résultats de l'analyse socioéconomique en distinguant les différents effets dont la composition forme les avantages collectifs totaux, on permet au décideur de substituer pour chacun des effets la valorisation qu'il souhaite à celle fournie par l'analyse de comportement[1]. Mais alors, si un décideur substitue sa propre valeur du temps ou du bruit ou du coût d'utilisation de l'automobile à celle qui est révélée par les comportements, il faudrait qu'il justifie son choix, sauf à manifester un comportement discrétionnaire.

Une autre raison évoquée pour utiliser l'AMC est que l'analyse socioéconomique ne prend pas en compte certains effets importants. Cette carence de l'analyse socioéconomique peut provenir de deux causes. La première est qu'on ne sait pas estimer quantitativement les effets correspondants ; mais ce n'est pas le fait de pratiquer l'AMC qui les fera connaître ; le remède à cette situation est alors de mener des recherches pour pouvoir les estimer soit quantitativement soit qualitativement. La seconde est qu'on peut les estimer quantitativement ou qualitativement mais qu'on ne sait pas les traduire en termes monétaires ; c'est le cas par exemple des effets de localisation liés à des mesures d'urbanisme ou à des créations d'infrastructures nouvelles. Mais alors, lorsqu'il y a des effets dont l'estimation qualitative ou quantitative est solide, mais auxquels, pour des raisons éthiques ou techniques, on ne peut ou veut pas donner de valeur monétaire, il serait coupable de ne pas les porter à la connaissance des décideurs ; c'est ce que fait le rapport pour les effets spatiaux, les conséquences macroéconomiques et les effets distributifs.

(1) Mais pour un décideur, substituer sa propre valeur du temps ou du bruit ou du coût d'utilisation de l'automobile à celle qui est révélée par les comportements, ne doit-ce pas être soigneusement justifié ?

En conclusion, il me semble que l'aide à la décision que se veut le calcul économique, impose une analyse détaillée de toutes les conséquences envisageables d'un projet, de leurs incertitudes, de leurs évolutions probables. Celles de ces conséquences qui sont évaluables, en quantités et valeurs, sont intégrées dans un calcul, qui tient compte des aléas propres à toute projection. Celles de ces conséquences qui ne peuvent, pour quelque raison que ce soit, être prises en compte dans les calculs, doivent être mentionnées, analysées, évaluées, portées à la connaissance des décideurs, ou du public, de telle sorte que chacun en tire les conséquences qu'il estime justifiées.

Annexe 5

Liste des contributions du tome 2

Le tome 2 est téléchargeable sur le site du CGSP à l'adresse suivante :
www.strategie.gouv.fr/blog/?p=2332

Claude Abraham : « L'option de référence »

Alain Ayong Le Kama : « L'usage des modèles macroéconomiques dans l'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics »

Luc Baumstark, Benoît Dervaux et Nicolas Treich : « Éléments pour une révision de la valeur de la vie humaine »

Luc Baumstark et Lise Rochaix : « Les enjeux du calcul économique dans le secteur de la santé »

Jean-Jacques Becker, Xavier Delache, Julien Brunel, Damien Sigaud et Alain Sauvant : « Estimation des élasticités des trafics routiers et ferroviaires au PIB »

Jean Bergougnoux, Julien Bonnet et Aude Rigard-Cerison : « Calcul socioéconomique et décision publique : l'exemple des infrastructures de transport »

Alain Bonnafous et Bruno Faivre d'Arcier : « Les conditions d'efficacité pour les finances publiques du choix d'un PPP »

Dominique Bureau : « Choix des investissements et coût des nuisances »

Pierre-Philippe Combes et Miren Lafourcade : « Revue de la littérature académique quantifiant les effets d'agglomération sur la productivité et l'emploi »

Aurélien Croq : « La prise en compte du bruit dans les investissements de transport »

Xavier Delache : « Prise en compte du risque dans l'évaluation des projets de transports par l'analyse de scénarios »

Géraldine Ducos : « La prise en compte de la biodiversité dans le calcul socio-économique »

Géraldine Ducos : « Les effets amont et aval »

Géraldine Ducos : « Les sols agricoles »

Géraldine Ducos : « Valorisation de la pollution atmosphérique dans le calcul socioéconomique »

Antonio Estache : « *Some theory, some ideology, and lots of pragmatism in the cost-benefit analysis of PPPs* »

Stéphane Gallon et Philippe Humbert : « Système d'actualisation – Enseignements tirés du marché »

Stéphane Gallon : « L'analyse des risques à la CDC – Évaluation d'une infrastructure avec prise en compte du risque "au numérateur" »

Marc Gaudry : « Quelques points à souligner sur les modèles de trafic et leurs usages »

Christian Gollier : « Mes recommandations pour l'actualisation à "3 % + bêta x 3 %" »

Marc Ivaldi et Catherine Muller : « Analyse coût-bénéfice dans un contexte de concurrence imparfaite »

Bernard Lapeyre : « Effet de l'aléa sur la date optimale d'engagement d'un projet »

Matthieu de Lapparent : « Les modèles occupation du sol-transport comme outil d'évaluation »

André de Palma : « Simulation dynamique du trafic urbain »

Emmanuel Massé et Nicolas Riedinger : « Modélisations et valeurs des paramètres pour la détermination du taux d'actualisation »

Joël Maurice et Quentin Roquigny : « Coût d'opportunité des fonds publics (COFP) et prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP) »

David Meunier et Kurt Van Dender : « La prise en compte de la transmission imparfaite des changements de coûts de transport dans l'analyse coûts-bénéfices des projets de transport »

David Meunier : « Considérations sur le calcul des surplus »

David Meunier : « Les modèles de trafic et l'évaluation économique »

David Meunier : « Retour d'expérience sur la pratique du calcul socioéconomique dans les transports en France »

André de Palma : « Simulation dynamique du trafic urbain »

Jean-Claude Prager et Émile Quinet : « Les effets des infrastructures sur la répartition spatiale des populations et des emplois »

Aude Rigard-Cerison : « La pratique du calcul socioéconomique à l'étranger »

Aude Rigard-Cerison : « L'évaluation socioéconomique des projets de prévention des inondations »

Quentin Roquigny : « Valeurs du temps »

Michel Scialom : « Problèmes méthodologiques liés au choix d'un contrat de partenariat à la lumière des travaux du CGSP sur l'évaluation des projets d'investissements publics »

Jean-Pierre Taroux : « Note de synthèse sur les bilans *ex-post* d'infrastructures : analyse des coûts et des trafics »

Jean-Pierre Taroux : « Retour d'expérience sur la pratique du calcul socioéconomique dans les transports en France »

Glossaire

Actualisation : procédé qui consiste à déterminer la valeur présente d'un coût ou d'un avantage futur. L'actualisation permet de comparer des sommes monétaires intervenant à des dates différentes.

ACV : analyse de cycle de vie.

Analyse coûts-avantages (ACA), ou **analyse coût-bénéfice (ACB)** ou encore **analyse socioéconomique** (ou **analyse économique** par opposition à l'analyse financière) : approche théorique appliquée à toute évaluation systématique quantitative d'un projet public ou privé, pour déterminer si, ou dans quelle mesure, le projet est opportun dans une perspective publique ou sociale. L'ACA se différencie d'une simple analyse financière par le fait qu'elle considère tous les gains et les pertes indépendamment du sujet auquel ils se réfèrent. L'ACA implique la traduction des effets de l'investissement en termes monétaires mais les exprime en euros constants, contrairement à l'analyse financière. Les résultats peuvent être exprimés de différentes manières, notamment par le taux de rentabilité interne et la valeur actualisée nette socioéconomique.

Analyse de sensibilité : technique analytique qui permet de tester l'impact de variations des variables d'entrée d'un projet (facteurs de production, prix, taux d'actualisation, etc.) sur les variables de sortie (VAN et TRI par exemple).

ARENH : accès régulé à l'électricité nucléaire historique.

BEI : Banque européenne d'investissement.

CAPM : *Capital Asset Pricing Model* (modèle d'évaluation des actifs financiers).

CAS : Centre d'analyse stratégique.

CFM : consommation finale des ménages.

CGEDD : Conseil général de l'environnement et du développement durable.

CGI : Commissariat général à l'investissement.

CGSP : Commissariat général à la stratégie et à la prospective.

COFP : coût d'opportunité des fonds publics (COFP) (ou coût d'opportunité marginal des fonds publics), « prix fictif » à affecter à tout euro de dépense publique dans les

calculs, reflétant les distorsions et pertes d'efficacité introduites par les prélèvements fiscaux dans l'économie. En effet, lorsque les avantages procurés par les investissements publics ne peuvent être rémunérés par des recettes, ils bénéficient généralement de subventions publiques, ressources dont le prélèvement par l'impôt est coûteux du point de vue de l'efficacité socioéconomique.

COVNM : composé organique volatil non méthanique.

CP : contrat de partenariat.

DEMA : dommage évité moyen annuel.

DGPR : Direction générale de la prévention des risques.

DMA : dommage moyen annuel.

DREAL : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement.

DSP : délégation de service public.

Durée de vie (d'un investissement) : temps durant lequel il est envisagé de laisser un investissement en service.

Effets d'agglomération : bénéfices associés à la proximité géographique des activités économiques. Ces bénéfices peuvent être positifs (économies d'agglomération) ou négatifs (« déséconomies » d'agglomération).

EnR : énergie renouvelable (par exemple éolien, solaire, hydraulique, géothermie).

EPR : *European Pressurized Reactor*, réacteur pressurisé européen.

Équivalent certain : l'équivalent certain d'un flux aléatoire est le montant le plus faible que l'on serait prêt à recevoir de façon certaine (sans risque) en remplacement du flux aléatoire considéré.

Évaluation *ex-ante* : évaluation préalable effectuée en vue de la décision de financement. Elle sert à concevoir le projet de la manière la plus cohérente et pertinente possible, fournit la base nécessaire pour le suivi et les évaluations ultérieures et permet de s'assurer, dans toute la mesure du possible, que les objectifs sont spécifiés et quantifiés.

Évaluation *ex-post* : évaluation effectuée un certain temps après la réalisation du projet. Elle a pour objet de vérifier l'impact effectif par comparaison avec l'impact estimé *ex-ante* et, si possible, de d'expliquer ces impacts et d'en tirer des enseignements.

Externalités : une externalité apparaît lorsque l'activité d'un agent économique (production ou consommation d'un bien ou d'un service) a un effet direct (positif ou négatif) sur le bien-être d'un autre agent, sans qu'il y ait pour autant de compensations financières entre eux. On parle de nuisance pour une externalité négative, et de gain pour une externalité positive.

HAS : Haute Autorité de santé.

Investissement éludé : investissement qui aurait été réalisé dans le scénario de référence mais qui ne l'est pas dans le scénario avec projet.

MEDAD : ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables.

MEDDE : ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

MEDDTL : ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

Monétarisation : procédé qui consiste à attribuer une valeur monétaire à des critères d'évaluation dont l'unité de mesure ou de compte n'est pas monétaire.

MOP : maîtrise d'ouvrage public.

Option de référence, option de projet : l'option de référence est le choix d'intervention du maître d'ouvrage correspondant à l'action optimisée la plus probable en l'absence de réalisation du projet à l'horizon considéré. Cette option de référence n'est pas une décision d'absence d'investissement (« *do nothing* »), elle doit comporter les opérations (d'investissements, d'exploitation ou autres) qui seraient éventuellement nécessaires si le projet n'est pas réalisé (option dite « *do minimum* »). Les conditions d'exploitation doivent y être optimisées. L'analyse économique d'une option de projet passe par une comparaison de ses effets par rapport à ceux de l'option de référence, elle permet de savoir s'il vaut mieux réaliser l'option de projet plutôt que l'option de référence ; mais elle ne dit pas si une autre option de projet n'aurait pas été meilleure. D'où l'intérêt de bien choisir l'option de référence, et d'effectuer plusieurs comparaisons de variantes possibles au projet.

PAPI : programme d'actions de prévention contre les inondations.

PM : particules en suspension.

Prime de risque : dans la théorie du risque, différence entre l'équivalent-certain d'un flux aléatoire et l'espérance de ce flux.

Prime de risque systémique (voir Risque systémique) : supplément (par rapport au taux sans risque) de rentabilité demandé par la collectivité pour accepter de supporter le risque non diversifiable dans l'économie, ce supplément pouvant être *in fine* un bonus si le projet concourt à la protection, à la résilience, de l'économie dans les scénarios les plus défavorables.

Prix constants : prix à une année de base adoptés dans le but d'exclure l'inflation des données économiques. Ils peuvent se référer aussi bien aux prix de marché qu'aux prix fictifs. Ils se distinguent des prix courants.

Prix courants (prix nominaux) : prix effectivement observés au cours d'une période donnée. Ils comprennent les effets de l'inflation générale et s'opposent aux prix constants.

Prix fictif de rareté des fonds publics (PFRFP) : dans le cas d'un programme, augmentation que l'on observerait sur l'objectif (la valeur actualisée nette de l'ensemble du programme optimisé) si l'on ajoutait 1 euro à l'enveloppe des fonds publics disponibles.

Programme : série coordonnée de projets différents dont le cadre politique, l'objectif, le budget et les délais sont clairement définis.

Projets indépendants : projets pouvant en principe être entrepris au même moment et tels que la réalisation de l'un n'a pas d'influence sur la rentabilité de l'autre. Ils doivent être distingués des projets liés.

Projets liés : projets qui peuvent être réalisés soit séparément soit ensemble ; la rentabilité de l'un est différente selon que l'autre est réalisé ou non. Le projet B est dit complémentaire du projet A lorsque la réalisation de B augmente la rentabilité de A. Le projet B est dit concurrent du projet A lorsque la réalisation de B diminue la rentabilité de A.

Projets mutuellement exclusifs : projets qui s'excluent par nature, de sorte que si l'un est choisi, l'autre ne saurait raisonnablement l'être.

QALY : *Quality-Adjusted Life Year,* ou années de vie ajustées sur la qualité.

Risque systémique : risque porté par la collectivité provenant de la corrélation qui existe entre les avantages attendus d'un projet et la croissance économique. Ce risque est non diversifiable, c'est-à-dire qu'on ne peut pas l'éliminer par mutualisation et qu'il pèse dans le risque agrégé porté par la collectivité.

Scénario de référence : ensemble des variables exogènes au projet. Il représente donc le cadre dans lequel le projet est évalué, et il est donc par définition commun à l'option de référence et à l'option de projet. Le scénario de référence comporte les hypothèses sur l'évolution du PIB, de la population, du coût du carburant,…

Situation de référence : voir **Option de référence.**

SOeS : Service de l'observation et des statistiques (ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie)

Taux d'actualisation : taux permettant de ramener à une valeur présente des valeurs futures, s'échelonnant dans le temps. La valeur du taux d'actualisation représente la plus ou moins grande préférence que l'on a pour le présent par rapport au futur. Le taux d'actualisation est appliqué à des calculs effectués en euros constants, c'est-à-dire ne subissant pas d'inflation.

Taux de rentabilité interne (TRI) pour la collectivité : taux d'actualisation pour lequel le flux des coûts et des bénéfices du projet considéré a une valeur actualisée nette socioéconomique égale à zéro.

Valeur actualisée nette financière (VAN-F) : somme des coûts financiers et des recettes financières futures actualisés.

Valeur actualisée nette socioéconomique (VAN-SE) ou **Bénéfice actualisé** : somme des avantages positifs et négatifs résultant d'un projet, actualisés à une année de référence à l'aide du taux d'actualisation, évalués dans le cadre d'une analyse coût-bénéfice.

Valeur de référence : voir valeur tutélaire.

Valeur tutélaire : valeur donnée à un bien, marchand ou non marchand, définie par la puissance publique, représentant sa valeur (ou son coût) pour la collectivité et destinée à être utilisée dans les calculs socioéconomiques. Dans le cas de biens marchands, cette valeur peut différer de la valeur donnée par le marché pour différentes raisons telles que la prise en compte d'externalités ou de préoccupations de redistribution, ou encore pour la satisfaction de contraintes réglementaires. Une valeur tutélaire peut aussi être attribuée à un bien dont les prix connaissent une certaine dispersion (dans le temps, dans l'espace) pour fixer une norme commune de référence. On parlera alors plutôt de valeur de référence. Dans le cas de biens non marchands, ces valeurs tutélaires peuvent simplement traduire une disponibilité à payer le bien en cause, que le marché ne fournit pas ; on parlera alors plutôt de valeur de référence.

VAV : valeur d'une année de vie.

VVS : valeur de la vie statistique.

Bibliographie

Nota : cette rubrique reprend à la fois les documents auxquels il est fait explicitement référence dans le tome 1 du rapport et ceux qui ont été utilisés dans les développements du tome 2.

Abraham C. (2007), *Autoroutes à péage et coût implicite des fonds publics*, document non publié.

Abraham C. (1960), « Critère économique de rentabilité des travaux routiers », *Science et Industrie*, p. 4-8.

Abraham C., Baumgart T. et Blanchet J.-D. (1970), « Un modèle de prévision du trafic aérien intérieur », *Études et Techniques,* p.15-28.

Abraham C et Coquand R. (1961), « La répartition du trafic entre itinéraires concurrents, réflexions sur le comportement des usagers, application au calcul des péages », *Revue générale des routes et aérodromes*, n° 357, p. 57-76.

Abraham C. et Laure A. (1959), *Étude du programme d'investissements routiers*, Annales des Ponts et Chaussées.

Abraham C. et Thédié J. (1960), « Le prix d'une vie humaine dans les décisions économiques », *Revue française de recherche opérationnelle*, 3e trimestre, p. 157-167.

Accesslyon (2012), *Outils pour la mesure et la visualisation de l'accessibilité : une plateforme collaborative à l'échelle de la région lyonnaise*, LET/PREDIT (Crozet Y., Mercier A., Ovtracht N., Sapet L., Bossuet P., Rodet M., Duprez F., Wagner N., Descroux T., Durand S., Hamelin-Thibaud S., Dunod F., Fodor E., Pernoud N.).

Adigbli P. et Mahuet A. (2013), « L'impact des énergies intermittentes sur les prix de marché de l'électricité », *Annales des Mines*, n° 69, janvier.

Aldy J. et Viscusi W. K. (2007), « Age differences in the value of statistical life: Revealed preference evidence », Resources for the future, *Discussion Paper*, RFF DP 07-05, Washington.

Algers S. *et al.* (1998), « Mixed logit estimation of values of travel time », *Working Paper Séries*, n° 1998-15, University of Uppsala.

Allgood S. et Snow A. (1998), « The marginal cost of raising tax revenue and redistributing income », *Journal of Political Economy*, vol. 106(6), p. 1246-1273.

Andersson H. et Treich N. (2011), « The value of a statistical life », *in* de Palma A., Lindsey R., Quinet É. et Vickerman R. (eds.) *Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, p. 396-424.

Annema J. A., Koopmans C. et van Wee B. (2007), « Evaluating transport infrastructure investments: The Dutch experience with a standardized approach », *Transport Reviews*, vol. 27(2), p. 125-150.

Aschauer D. A. (1989), « Is public expenditure productive? », *Journal of Monetary Economics*, vol. 23(2), p. 177-200.

Atkinson A. B. et Stern N. H. (1974), « Pigou, taxation and public goods », *Review of Economic Studies*, vol. 41(1), p. 119-128.

Babisch W. (2008), « Road traffic noise and cardiovascular risk », *Noise Health*, vol. 10(38), p. 27-33.

Babusiaux D. (1990), *Décision d'investissement et calcul économique dans l'entreprise,* Paris, Economica.

Bain R. et Wilkins M. (2002), « Credit implications of traffic risk in start-up toll facilities », *Standard & Poor's Project & Infrastructure Finance Review*, p. 85-92.

Balcombe R. *et al.* (2004), *The Demand for Public Transport: A Practical Guide*, Transportation Research Laboratory Report, Londres.

Ballard C. L., Shoven J. B. et Whalley J. (1985), « General equilibrium computations of the marginal welfare costs of taxes in the United States », *American Économic Review*, vol. 75(1), p. 128-138.

Banister D. et Thurstain-Goodwin M. (2011), « Quantification of the non-transport benefits resulting from rail investment », *Journal of Transport Geography*, vol. 19(2), p. 212-223.

Banque européenne d'investissement (2012), *Guide to the Economic Appraisal of Investment Projects*, novembre.

Barro R. J. (2006), « Rare disasters and asset markets in the twentieth century », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 121(3), p. 823-866.

Batley *et al.* (2008), *Multimodal Travel Time Variability*, Institute of Transport Studies, University of Leeds for the Department of Transport, UK.

Beaud M. (2008), « Le coût social marginal des fonds publics en France », *Annales d'économie et de statistique*, n° 90, p. 215-232.

Ben-Akiva M. et Lerman S. (1989), *Discrete Choice Analysis: Theory and application to travel demand*, MIT Press.

Bernadet M. *et al.* (2007), *Inventaire des besoins d'information sur les transports,* Conseil national de l'information statistique, rapport n° 102, mars.

Bernard A. L. et Vieille M. (2003), « Measuring the welfare cost of climate change policies: A comparative assessment based on the computable general equilibrium model GEMINI-E3 », *Environmental Modeling & Assessment*, vol. 8(3), p. 199-217.

Bhaskar V., Manning A. et To T. (2002), « Oligopsony and monopsonistic competition in labor markets », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 16(2), p. 155-174.

Biausque V. (2011), *Valeur statistique de la vie humaine : une méta-analyse*, OCDE.

Bickel P. (2004), *Derivation of fall-back values for impacts due to noise*, Annex E to HEATCO deliverable 5, HEATCO.

Bickel P., Burgess A., Hunt A., Laird J., Lieb C., Lindberg G. et Odgaard T. (2005), *State-of-the-art in project assessment*, HEATCO deliverable 2, HEATCO.

Bickel P., Schmid S. (IER), Tervonen H., Otterström A. (EKONO), Enei L. (ISIS), van Donselaar C. (NEI) (2003), *Environmental Marginal Cost Case Studies,* UNITE (UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working Funded by 5th Framework RTD Programme, IER, University of Stuttgart, janvier.

Boardman A. E., Mallery W. L. et Wining A.R. (1994), « Learning from ex ante/ex post cost-benefit comparisons: The coquihalla highway example », *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 28(2), p. 69-84.

Boiteux M. (2001) *Transports : choix des investissements et coût des nuisances*; Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française.

Boiteux M. (1994), *Transports : pour un meilleur choix des investissements*, rapport du Commissariat général du Plan.

Bonnafous A., Jensen P. et Roy W. (2005), « Le co-financement usager-contribuable et le partenariat public-privé changent les termes de l'évaluation des programmes d'investissement public », *Économie et prévision*, n° 175-176.

Bonnafous A. et Masson S. (2003), « Évaluation des politiques de transports et équité spatiale »*, Revue d'économie régionale et urbaine*, n° 4, p. 547-572.

Bonnafous A. et Roy W. (2007), « Évaluation, financement et programmation des investissements », *in* Maurice J. et Crozet Y. (eds.) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Paris, PREDIT Economica, p. 227-248.

Bouis R. (2008), « Niveau et évolution de la concurrence sectorielle en France », *La lettre Trésor-Éco*, n° 27.

Bouttes J.-P., Joudon L. et Trochet J.-M., « Prise en compte du risque dans la décision économique : le cas du secteur électrique ».

Briant A., Lafourcade M. et Schmutz B. (2012), *Hétérogénéité de l'impact des Zones Franches Urbaines : le rôle de l'isolement géographique des quartiers*, Rapport pour la Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES) et le Secrétariat général du Comité interministériel des villes (SGCIV), avril.

Bröcker J. et Mercenier J. (2010), « General equilibrium models for transportation economics », *in* de Palma A., Lindsey R., Quinet É. et Vickerman R. (eds.), *A Handbook in Transport Economics*, Edward Elgar Publishing.

Browning E. K. (1987), « On the marginal welfare cost of taxation », *American Economic Review*, vol. 77(1), p. 11-23.

Brownstone D. et Small K. A. (2002), *Valuing time and reliability: Assessing the evidence from road pricing demonstrations*, University of California, Irvine.

Brueckner J. K. et Van Dender K. (2008), « Atomistic congestion tolls at concentrated airports? Seeking a unified view in the internalization debate », *Journal of Urban Economics*, vol. 64(2), p. 288-295.

Bundesamt für Raumentwicklung und Bundesamt für Umwelt (2008), *Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz*, Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten.

Bureau B. et Glachant M. (2008), « Distributional effects of road pricing: Assessment of nine scenarios for Paris », *Transportation Research Part A: Policy and practice*, vol. 42(7), p. 994-1008.

Cahuc P. et Sylberberg A. (1996), *Économie du travail*, Bruxelles, De Boeck.

Caubel D. (2003), « Outils et méthodes d'évaluation des enjeux / Impacts sociaux d'une politique de transports urbains : le concept d'accessibilité », communication présentée au XXXIX[e] colloque de l'ASRDLF, Lyon, 1-3 septembre.

Cavailhès J., Mesrine A. et Rouquette C. (2011), « Le foncier agricole : une ressource sous tensions », *Économie et statistique*, n° 444-445, p. 3-15.CE Delft (2007), *Handbook on Estimation of External Costs in the Transport Sector*, produced within the study Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport (IMPACT), Version1.1, Delft, Commission européenne.

CE Delft (2004), *Marginal costs of infrastructure use - towards a simplified approach*, Final Report, juillet.

CE Delft-INFRAS (2011), *External Costs of Transport in Europe - Update Study for 2008,* novembre, 163 p.

Centre d'analyse stratégique – Direction générale du Trésor (2011), *France 2030 : cinq scénarios de croissance*, rapport du groupe présidé par Benoît Cœuré et Vincent Chriqui, Paris, La Documentation française, www.strategie.gouv.fr/content/france-2030-cinq-scenarios-de-croissance-0.

Centre d'études techniques de l'équipement de l'Est (2012), *Département du Haut Rhin – Mise à jour du classement sonore des voies routières*, mai.

CEPRI (Centre européen de prévention du risque d'inondation) (2009), *Évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes européennes*.

CEPRI (Centre européen de prévention du risque d'inondation) (2008), *Besoins et attentes en matière d'évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation*.

CEPRI (Centre européen de prévention du risque d'inondation) (2008), *Évaluation de la pertinence des mesures de gestion du risque d'inondation – Manuel des pratiques existantes*.

CGDD (Commissariat général au développement durable) (2012), *Analyse multicritères : application aux mesures de prévention des inondations – Guide méthodologique*, 170 p.

CGDD (Commissariat général au développement durable) (2011), *Bilan énergétique de la France pour 2010*, 74 p.

CGDD (Commissariat général au développement durable) (2011), *Évaluation économique des services rendus par les zones humides – Enseignements méthodologiques de monétarisation*, 220 p.

CGDD (Commissariat général au développement durable) (2011), *Rapport d'évaluation globale de l'avant-projet consolidé de Schéma national des infrastructures de transport*, ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.

CGPC (Conseil général des ponts et chaussées) (2005), *Analyse comparative des méthodes d'évaluation des grandes infrastructures de transport*.

Champsaur P. et Cotis J.-P. (2010), *Rapport sur la situation des finances publiques,* Paris, La Documentation française.

Chapulut J.-N. et Taroux J.-P. (2010), « Trente ans de bilans ex-post des grandes infrastructures de transport en France », *Revue Transports*, n° 462.

Chevassus-au-Louis B. (2009), *Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, www.strategie.gouv.fr/content/rapport-biodiversite-%C2%AB-l%E2%80%99approche-economique-de-la-biodiversite-et-des-services-lies-aux-eco.

Cirillo C. et Axhausen K. W. (2004), « Evidence on the distribution of values of travel time savings from a six-week diary », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 40(5), p. 444-457.

CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) (2012), *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France Séries sectorielles et analyse étendues*, Format Secten, 336 p.

CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique) (2012), *Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France*, 9e édition, 1242 p.

CITEPA (Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique), La France face à ses objectifs, www.citepa.org/fr/pollution-et-climat/la-france-face-a-ses-objectifs.

CNIS (2007), *Rapport du groupe de travail du Conseil national de l'information statistique sur l'inventaire des besoins d'information sur les transports*, présidé par Maurice Bernadet.

Code des transports, partie législative (articles L. 1511-1 à L. 1511-7) et partie réglementaire (articles R. 1511-1 à R. 1511-10).

Cohen H. et Southworth F. (1999), « On the measurement of travel time variability due to incidents on freeways »*, Journal of Transportation and Statistics*, décembre, p. 123-131.

Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L., Puga D. et Roux S. (2012), « The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection »*, Econometrica*, vol. 80(6), p. 2543-2594.

Commissariat général du Plan (1983), *Calcul économique et résorption des déséquilibres*, E. Malinvaud, R. Guesnerie, B. Walliser et D. Goudard, Paris, La Documentation française.

Commission européenne (2005), *ExternE - Externalities of Energy – Methodology 2005 Update*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 287 p.

Commission européenne (2002), *Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance*, EU's Future Noise Policy, WG2 – Dose/Effect.

Conseil économique et social (2005), *La maîtrise foncière, clé du développement rural : pour une nouvelle politique foncière*, rapport présenté par Jean-Pierre Boisson, 204 p.

Conseil d'État (1999), *L'Utilité publique aujourd'hui*, Les études du Conseil d'État, Paris, La Documentation française.

Cournarie L. et Dupond P. (1998), *Introduction à la théorie de la justice de Rawls*, Dioti 3, Penser la justice, CRDP Midi-Pyrénées.

CRE, Observatoire des marchés 2012.

Crozet (2005), *Time and passenger transport,* Round Table 127 ECMT.

Crozet Y., Mercier A. et Ovtracht N. (2010), « Assessing past and future urban policies for accessibility: "Mosart" a GIS-T tool applied to Lyon's urban area », NARSC-NECTAR Organised Sessions on Best Practices in Accessibility Analysis and Planning, Denver, 10-13 novembre.

Cullis J. et Jones P. (1998), *Public finance and public choice*, Oxford University Press.

Dahlby B. (1998), « Progressive taxation and the social marginal cost of public funds », *Journal of Public Economics*, vol. 67(1), p. 105-122.

Daniel J. I. (2009), « The deterministic bottleneck model with non-atomistic traffic », University of Delaware, *Documents de travail du département des Affaires économiques*, n° 2009-08.

De Borger B. et Proost S. (2001), *Reforming Transport Pricing in the European Union – A Modelling Approach,* Edward Elgar Publishing.

De Dios Ortúzar J. et Garrido R. A. (1994), « A practical assessment of stated preferences methods », *Transportation*, vol. 21(3), p. 289-305.

De Jong G. *et al.* (2005), « Using the logsum as an evaluation measure », *Working Paper* - AVV, RAND Europe, mai.

De Jong G., Daly A., Pieters M. et van der Hoorn T. (2007), « The logsum as an evaluation measure: Review of the literature and new results », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41(9), p. 874-889.

De Jong G., Daly A., Pieters M., Miller S., Plasmeijer R. et Hofman F. (2007), « Uncertainty in traffic forecasts: Literature review and new results for The Netherlands », *Transportation*, vol. 34(4), p. 375-395.

De Palma A., Lindsey R. et Picard N. (2012), « Risk aversion, the value of information, and traffic equilibrium », *Transportation Science*, vol. 46(1), p. 1-26.

De Palma A. *et al.* (2012), *Tarification des Transports Individuels et Collectifs à Paris - Dynamique de l'Acceptabilité* – Rapport PREDIT 09 MT CV 14 MEDDE-ADEME.

De Palma A., Lindsey R., Quinet É. et Vickerman R. (eds.) (2011), *A Handbook of Transport Economics*, Edward Elgar Publishing.

De Palma A. et Picard N. (2005), « Route choice decision under travel time uncertainty », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 39(4), p. 295-324.

De Palma A., Lindsey R. et Picard N. (2005), « Urban passenger travel demand », *in* Arnott R. et McMillen D. (eds.) *The Blackwell Companion to Urban Economics*, Oxford: Blackwell Publishing.

De Palma, A. et Fontan C. (2000), *Enquête MADDIF : Multimotif Adaptée à la Dynamique des comportements de Déplacement en Île-de-France* – rapport PREDIT 99MT20 DRAST – Ministère des Transports.

De Rus G. (2010), *Introduction to Cost-Benefit Analysis*, Edward Elgar Publishing.

DfT (Department for Transport) (2004), *Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning*, Bent Flyvbjerg in association with COWI for the British Department for Transport.

DGAC (Direction générale de l'aviation civile) (2012), *Note méthodologique sur les prévisions de trafic aérien réalisées par la DGAC*, septembre.

DGEC (Direction générale de l'énergie et du climat) (2010), *Les émissions gazeuses liées au trafic aérien en France en 2009*, 31 p.

Diamond P. A. et Mirrlees J. A. (1971a), « Optimal taxation and public production: I-Production efficiency », *American Economic Review*, vol. 61(1), mars, p. 8-27.

Diamond P. A. et Mirrlees J. A. (1971b), « Optimal taxation and public production: II- Tax rules », *American Economic Review*, vol. 61(3), juin, p. 261-278.

Direction générale du Trésor (2011), *Organisation et déroulement des exercices de planification stratégique des infrastructures de transport - Analyse comparative dans 8 pays*.

Direction de la prévision et CGPC (Conseil général des ponts et chaussées) (1997), « Transports urbain et calcul économique », *Document de travail*, n° 97-1.

Distillate project F (2006), Appendix B (J. D. Shires): *Review of public transport models*, avril 2006.

Dupuit J. (1844), « De la mesure de l'utilité des travaux publics », *Annales des Ponts et Chaussées*, tome 8, p. 332-375.

Eddington R. (2006), *The Eddington Transport Study: Transport's role in sustaining the UK's productivity and competitiveness*, DfT & HM Treasury, Londres.

Eijgenraam C. J. J., Koopmans C. C., Tang P. J. G. et Verster A. C. P. (2000), *Evaluation of infrastructural projects: Guide for cost-benefit analysis*, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis & Netherlands Economic Institute.

Elhorst J. P. et Oosterhaven J. (2003), *Effects of transport improvements on commuting and residential choice*, article présenté lors du 43e Congrès de l'ERSA (European Regional Science Association).

Elhorst J. P., Oosterhaven J. et Romp W. E. (2002), « Integral assessment of urban conglomeration versus centre-periphery Maglev rail systems under market imperfections », *mimeo*.

ENTSOG (European Network of Transmission System Operators for Gas) (2013), 7th Workshop on the European Ten-Year Network Development Plan, Riga, 21-22 mars.

Environment Agency (2010), *Flood and Coastal Erosion Risk Management appraisal guidance (FCERM-AG)*, Bristol, mars.

ERDF (Électricité Réseau Distribution France), Plan décennal de développement du réseau de transport d'électricité.

European Environment Agency (2010), *Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects*, EEA Technical report n° 11/2010.

European Investment Bank (Matthew Arndt) (2010), « Issues for the practical application of CBA in major transport projects », *presentation* at the Roundtable « Improving the practice of cost-benefit analysis in transport », Queretaro, 22 octobre.

European Union (2008), *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*.

EVA-TREN (2008), *Improved decision aid methods and tools to support evaluation of investment for transport and energy networks in Europe*, Deliverable 3.2 Methodological developments, juin.

FAO (1999), *Cultivating our Futures - Multiples fonctions de l'agriculture et des terres : l'analyse*, www.fao.org/docrep/x2777f/X2777F03.htm.

Federal Ministry of Transport, Building and Housing (2003), *Macroeconomic evaluation methodology – Federal Transport Infrastructure Plan 2003*.

Finon D., Defeuilly C. et Marty F. (2009), « Signaux prix et équilibre de long terme », *Larsen Working Paper*, n° 25, octobre.

Flyvberg B. (2009), « Survival of the unfittest: Why the worst infrastructures gets built- and what we can do about it », *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 25(3), p. 344-367.

Flyvbjerg B., Holm M. K. S. et Buhl S. L. (2005), « How (in)accurate are demand forecasts in public works projects? The case of transportation », *Journal of the American Planning Association*, vol. 71(2), p. 131-146.

Flyvbjerg B., Holm M. K. S. et Buhl S. L. (2003), « How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? », *Transport Reviews*, vol. 23(1), p. 71-88.

Fosgerau M. Hjorth K. et Lyk-Jensen S. V. (2007), *The Danish Value of Time Study*, Report for the Danish Ministry of Transport, Danish Transport Research Institute.

Gollier C. (2012), *Pricing the Planet's Future: The Economics of Discounting in an Uncertain World*, Princeton University Press, Princeton.

Gollier C. (2012), « Asset pricing with uncertain betas: A long-term perspective », *Working Paper*, Toulouse School of Economics (LERNA, University of Toulouse).

Gollier C. (2011), *Le calcul du risque dans les investissements publics*, Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, www.strategie.gouv.fr/content/rapport-le-calcul-du-risque-dans-les-investissements-publics.

Gollier C. (2008), « Discounting with fat-tailed economic growth », *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 37(2), p. 171-186.

Goodman (2001), « A traveller in time: Understanding deterrents to walking to work », *World Transport Policy and Practice*, vol. 7(4), p. 50-54.

GRTgaz (2011), *Plan décennal de développement du réseau de transport de GRTgaz 2011-2020*.

Guesnerie R. (2004), « Calcul économique et développement durable », *Revue économique*, vol. 55(3), p. 363-382.

Guesnerie R. (1995), *A Contribution to the Pure Theory of Taxation*, Cambridge University Press, Econometric Society Monographs Series.

Hammadou H. et Jayet H. (2002), « La valeur du temps pour les déplacements à longue distance : une évaluation sur données françaises », *Les Cahiers scientifiques du transport*, n° 42.

Hammitt J. K. et Robinson L. A. (2011), « The income elasticity of the value per Statistical life: Transferring estimates between high and low income populations », *Journal of Benefit-Cost Analysis*, vol. 2(1), p. 1-27.

Hansen J. P. et Percebois J. (2010), *Énergie, économie et politiques*, Bruxelles, De Boeck.

Hausman J. A. et Newey W. K. (1995), « Nonparametric estimation of exact consumer surplus and deadweight loss », *Econometrica*, vol. 63(6), p.1445-1476.

HEATCO (2006), *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*, Deliverable 2, 4, 5 et 7.

HEATCO (2006), « General issues in costing analysis: Units of account, base years, and currency conversion », Annex B to HEATCO Deliverable 5, *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment*.

HEATCO (2003), *Valuation of noise – Position paper of the working group on health and socio-economic aspects*, Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment.

HM Treasury (2003), *Green Book, Appraisal and Evaluation in Central Government*, Londres.

Hollander Y. (2006), « Direct versus indirect models for the effect of unreliability », *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 40(9), p. 669-711.

Hultkrantz L. et Svensson M. (2012), *A Comparison of Benefit Cost and Cost Utility Analysis in Practice: Divergent Policies in Sweden*.

INFRAS (2004), *External Costs of Transport - Update Study*, Final report.

INSEE (2006), *Enquête logement*, Institut national de la statistique et des études économiques.

Jaffe S. et Weyl E. G. (2010), « Linear demand systems are inconsistent with discret choice », *The B.E. Journal of Theoretical Economics*, vol. 10(1), p. 1-8.

Jones C. (2005), *Applied Welfare Economics*, Oxford University Press, Oxford, UK.

Kanemoto Y. (2012), « Evaluating benefits of transportation in models of new economic geography », conférence Kuhmo-Nectar, Berlin, 18-23 juin.

Kanemoto Y. et Mera K. (1985), « General equilibrium analysis of the benefits of large transportation improvements », *Regional Science and Urban Economics*, vol. 15(3), p. 343-363.

Kaplow L. (1996), « The optimal supply of public goods and the distortionary cost of taxation », *National Tax Journal*, vol. 49(4), p. 513-533.

Kikokoro Y. (2012), « Cost-benefit analysis for transport projects in agglomeration economy », conférence Kuhmo-Nectar, Berlin, 18-23 juin.

Kleven H. J. et Kreiner C. T. (2006), «The marginal cost of public funds: hours of work versus labour force participation », *Discussion Paper*, n° 5594, Center for Economic Policy Research.

Koenig G. (1974), « Théorie économique de l'accessibilité urbaine », *Revue économique*, vol. 25(2), p. 275-297.

Kônig A., Abay G. et Axhausen K. W. (2003), « Time is money – The valuation of travel time in Switzerland », paper presented at the 3rd Swiss Transport Research Conference, MonteVerità/Ascona, 19-21 mars.

Kreiner C. T. et Verdelin N. (2012), « Optimal provision of public goods: A synthesis », *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 114(2), p. 384-408.

Laffont J.-J. (1998), « Competition, information, and development », paper prepared for the Annual World Bank Conference on Development Economics, Washington DC.

Lebègue D. (2005), *Le prix du temps et la décision publique*, Commissariat général du Plan, Paris, La Documentation française.

Lefebvre L. et Rouquette C. (2011), « Les prix du foncier agricole sous la pression de l'urbanisation », *Économie et statistique*, n° 444-445, p. 155-180.

Lesourne J. (1969), *Le Calcul économique*, Paris, Dunod.

Leurent F. (1997), *Analyse et mesure de l'incertitude dans un modèle de simulation. Les principes, une méthode et l'exemple de l'affectation bicritère du trafic*, thèse ENPC 1997.

Leurent F., Breteau V. et Wagner N. (2009), *Coût social marginal de la congestion routière. Actualisation et critique de l'approche Hautreux*, Rapport de convention pour la DGITM, 102 p.

Litman T. (2007), *Build for Comfort, not just speed: Valuing service quality impacts in transport planning*, Victoria Transport Policy Institute.

Mackie P. (2010), *Cost-Benefit Analysis in Transport – A UK perspective*, University of Leeds.

Mackie P. J., Wardman S., Fowkes A. S., Whelan G. et Nellthorp J. (2003), *Value of Travel Time Savings in the UK*, Report to Department for Transport, Institute for Transport Studies, University of Leeds in association with John Bates Services, janvier.

Mackinder I. H. et Evans S. E. (1981), *The Predictive Accuracy of British Transportation Studies in Urban Areas*, Supplementary Report No. 699, Crowthorne: Transportation and Road Research Laboratory.

Markovich M. (2009), *Synthesis of research on value of time and value of reliability*, Florida Department of Transport.

Massé P (1960), *Le Choix des investissements*, Paris, Dunod.

Maurice J. et Crozet Y. (eds.) (2007), *Le Calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Paris, PREDIT Economica.

Mayeres I. (1999), *The Control of Transport Externalities: A General Equilibrium Analysis*, Ph.D. Dissertation, Faculty of Economics and Applied Economics, K.U.Leuven

Mayeres I. et Proost S. (2001), « Marginal tax reform, Externalities and income distribution », *Journal of Public Economics*, vol. 79(2), p. 343-363.

Mayeres I., Proost S., Quinet É., Schartz D. et Sessa C. (2001), *Alternative Frameworks for the Integration of Marginal Costs and Transport Accounts, UNITE (UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Deliverable 4*. Funded by 5th Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds, mai.

Mayshar J. (1991), « On measuring the marginal cost of funds analytically », *American Economic Review*, vol. 81(5), p. 1329-1335.

McFadden D. (1981), « Econometric models of probabilistic choice », *in* Manski C. et McFadden D. (eds.) *Structural Analysis of Discrete Data: With Econometric Applications*, The MIT Press, Cambridge.

MEDDE (Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie) (2012), *Première évaluation nationale des risques d'inondation. Principaux résultats – EPRI 2011*, juillet.

MEDDTL (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement) (2011), Programmes d'action de prévention des inondations (PAPI) - De la stratégie aux programmes d'action - Cahier des charges.

Meunier D. (2012), « Integrating risks in project assessment: Methodological and empirical feedback from ex-post studies », conférence Kuhmo-Nectar, Berlin, 18-23 juin.

Meunier D. (2010a), « Applications of transport economics and imperfect competition », 12e conférence WCTR, Lisbonne, Portugal.

Meunier D. (2010b), « Ex-post evaluation of transport infrastructure projects in France: Old and new concerns about assessment quality », 12e conférence WCTR, Lisbonne, Portugal.

Mignot D. (2001), *Mobilité et grande pauvreté*, Ministère de l'Équipement et Union des transports publics.

Millenium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*, World Resources Institute, Washington DC, 86 p.

Ministère de l'Écologie et du Développement durable, D4E (2003), *Synthèse des évaluations socioéconomiques des instruments de prévention des inondations*.

Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer (mars 2004 mise à jour le 27 mai 2005), *Instruction-cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport*.

Ministère en charge des transports (2005), *Enquête de préférences déclarées sur le choix modal en transport de marchandises transpyrénéen*.

Mokhtarian P. L. (ed.) (2005), Special issue: Positive utility of travel, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 39A(2-3), février-mars, p. 93-276.

Morellet O. (2013), *Choix des lieux de résidence et de travail, et comportement de transport dans le modèle MATISSE* (à paraître).

Morellet O. et Marchal P. (2001), « Demande de transport de personnes : une théorie unifiée de l'urbain à l'intercontinental », *Recherche Transports Sécurité*, vol. 71, p. 49-100.

Morrison S. A. et Winston C. (2007), « Another look at airport congestion pricing », *American Economic Review*, vol. 97(5), p. 1970-1977.

Musgrave R. A. et Musgrave P. R. (1973), *Public Finance in Theory and Practice.*

Mouter N., Annema J. A. et van Wee B. (2011), « Current issues in the Dutch CBA practice », CTS Workshop on Contemporary Issues in CBA in the Transport Sector, 16 mars, Stockholm.

Naess P., Flyvbjerg B. et Buhl S. (2006), « Do road planners produce more "honest numbers" than rail planners? », *Transport Reviews*, vol. 26(5), p. 537-555.

Navrud S. (2002), *The State of the Art on Economic Valuation of Noise. Report prepared for the European Commission*, DG Environment, 14 avril.

Netherlands Economic Institute (2000), *Evaluation of Infrastructural Projects; Guide for cost-benefit analysis, Section I: Main Report,* Research Programme on the Economic Effects of Infrastructure, CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

Newbery D. M. (1998), « Efficiency benefits of transport cost reductions », *mimeo*.

Nijland H. et van Wee B. (2008), « Noise valuation in ex-ante evaluations of major road and railroad projects », *EJTIR*, vol. 8(3), septembre, p. 216-226.

Notes de présentation des modèles (modèle national voyageurs RFF, SNCF Transilien, SNCF longue distance voyageurs, MODEV voyageurs, MODEV marchandises, MODUS, ANTONIN, modèle fret SETRA, modules SETRA Transcad, MONAPL, fiches de synthèse CERTU sur divers modèles urbains).

OCDE (2012), *La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports*, Éditions OCDE.

OCDE (2001), *Les services réguliers interurbains d'autocars en Europe*.

OECD (2001), *Multifunctionality: Towards an analytical framework*.

Odeck J. (2004), « Cost overruns in road construction – What are their sizes and determinants? », *Transport Policy*, vol. 11(1), p. 43-53.

Oppenchaim N. (2012), *Mobilité quotidienne, socialisation et ségrégation : une analyse à partir des manières d'habiter des adolescents de Zones Urbaines Sensibles*, thèse, Université Paris-Est.

Oppenchaim N. (2009), « Mobilités quotidiennes et ségrégation : le cas des adolescents de Zones Urbaines Sensibles franciliennes », *Espace Populations Sociétés*, n° 2009/2, p. 215-226.

Orfeuil J.-P. (2010), « La mobilité, nouvelle question sociale ? », revue électronique *SociologieS*, 27 décembre.

Ortúzar J. D. et Willumsen L. G. (2011), *Modelling Transport*, 4e édition, Wiley.

Papon F. (1988), « Tarification de la congestion et effets redistributifs », *Transports*, n° 330, p. 332-336.

Park R. (1925), « La ville. Propositions de recherche sur le comportement humain en milieu urbain », *in* Grafmeyer Y. et Joseph I. (dir.) (1984) *L'école de Chicago. Naissance de l'écologie urbaine*, Paris, Aubier, p. 83-130.

Parthasarathi P. et Levinson D. (2010), « Post-construction evaluation of traffic forecast accuracy », *Transport Policy*, vol. 17(6), p. 428-443.

Picard P. (2002), *Éléments de microéconomie*, Montchrestien.

Picard N., Antoniou C. et de Palma A. (2010), « Econometric Models », *SustainCity Working Paper*, n° 2.4, THEMA, université de Cergy-Pontoise.

Pilegaard N. et M. Fosgerau (2008), « Cost benefit-analysis of a transport improvement in the case of search unemployment », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 42(1), p. 23-42.

Pindyck R. S. (1991), « Irreversibility, uncertainty and investment », *Journal of Economic Literature*, vol. XXIX, septembre, p. 1110-1148.

Piron V. (2004), *La dimension économique du partenariat public-privé dans les transports*, revue *Transports*, n° 424, p. 93-103.

Pohl G. et Mihaljek D. (1992), « Project evaluation and uncertainty in practice: A statistical analysis of rate-of-return divergences of 1,015 World Bank projects », *The World Bank Economic Review*, vol. 6(2), p. 255-277.

Polydoropoulou A., Kapros M. et Pollatou E. (2004), « A national passenger transport mode choice model for the Greek Transport Observatory », selected paper from the 2004 World Conference on Transport Research (Istanbul).

Poulit J. (1994), *Évaluation de l'efficacité économique et environnementale des infrastructures de transport desservant des espaces de vie économiques ou récréatifs. Influence de la taille des agglomérations*, Cercle de réflexion : Infrastructure et aménagement.

Poulit J. (1974), *Urbanisme et transport : les critères d'accessibilité et de développement urbain*, Sétra.

PREDIT (1999), *Évaluation des modèles de prévision de trafic, note de synthèse*.

PREDIT (1999), *La modélisation dans les transports terrestres*, rapport du groupe de travail PREDIT.

Preston J. et Wall G. (2008), « The ex-ante and ex-post economic and social impacts of the introduction of high-speed trains in South East England », *Planning Practice and Research*, vol. 23(3), p. 403-422.

Preston J. et Holvad T. (2005), « Road transport investment projects and additional economic benefits », 45e congrès de l'Association européenne de Science régionale, Vrije Universiteit Amsterdam.

Proost S. (2007), « L'analyse des projets d'infrastructures de transport dans un cadre d'équilibre général », *in* Maurice J. et Crozet Y. (eds.) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Paris, PREDIT, Economica.

Proost S. *et al.* (2010), « Do the selected Trans European transport investments pass the Cost Benefit test? », KULeuven.

Prud'homme R. et Kopp P. (2006), « Projets en PPP, contrainte budgétaire et choix des investissements », *Revue d'économie politique*, 2006/5 (vol. 116), p. 601-611.

Puga D. (2011), « Transport infrastructure and the economic of cities », présentation lors de la table ronde de l'OCDE/ITF sur les Grands projets de transport.

Quinet A. (2008), *La valeur tutélaire du carbone*, rapport du Centre d'analyse stratégique, Paris, La Documentation française, www.strategie.gouv.fr/content/rapport-de-la-mission-la-valeur-tutelaire-du-carbone.

Quinet É. (2011), *Cost-Benefit Indicators and Transport Programming*, Fiscal Studies.

Quinet É. (2005), « Quelques réflexions à propos du rapport Lebègue », revue *Transports*, n° 432, juillet-août.

Quinet É. (1992), *Infrastructures de transport et croissance*, Paris, Economica.

Quinet É. (1974), « L'incertitude dans les calculs et rentabilité routiers », *Annales des ponts et chaussées*.

Quinet É. et Sauvant A. (2007), « Une méthode d'optimisation des programmes d'investissement de transport », *in* Maurice J. et Crozet Y. (eds.) *Le calcul économique dans le processus de choix collectif des investissements de transport*, Paris, PREDIT Economica.

Rabl A. et Spadaro J. V. (2001), « Damage Costs due to Automotive Air Pollution and the Influence of Street Canyons », *Atmospheric Environment*, vol. 35(28), p. 4763-4775.

Ramjerdi F. *et al.* (1997), *The Norwegian Value of Time Study*, Institute of Transport Economics, Oslo.

Raux C. et Souche S. (2004), « The acceptability of urban road pricing. A theoretical analysis applied to experience in Lyon », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38(2), p. 191-215.

Rawls J. (1971), *A Theory of Justice*, Harvard University Press.

Ricci A. (2005), « Mesurer l'équité des péages urbains : comparaison sur quelques villes européennes », *in* de Palma A. et Quinet É. (dir.) *La tarification des transports – Enjeux et défis*, Paris, Economica.

Richardson A. J. (2003), « Some evidence of travelers with zero value of time », paper presented at the 82nd Transportation Research Board Conference, Washington DC, janvier.

Riess A. (2008), « The economic cost of public funds in infrastructure investment », *EIB Papers*, vol. 13(1), p. 86-87.

Rouwendal J. (2012), « Indirect effects in cost-benefit analysis », *Journal of Benefit-Cost Analysis*, vol. 3(1), p. 1-25.

Roy C. (1984), *Peut-on mesurer les effets redistributifs du péage urbain : analyse bibliographique*, OEST (Observatoire économique et statistiques des transports).

RTE (Réseau de transport d'électricité) (2013), *Quelle valeur attribuer à la qualité de l'électricité ? L'avis des consommateurs*.

RTE (Réseau de transport d'électricité) (2013), *Bilan électrique 2012*.

Sandmo A. (1998), « Redistribution and the marginal cost of publics funds », *Journal of Public Economics*, vol. 70(3), p. 365-382.

Schmid S. A., Bickel P. et Friedrich R. (2001), *Deliverable 4: External cost calculation for selected corridors,* RECORDIT Real Cost Reduction of Door-to-Door Intermodal Transport.

Segonne C. (2001), « Choix d'itinéraires et péage urbain : le cas du tunnel Prado-Carénage à Marseille », *Recherche, Transport, Sécurité*, n° 71, avril-juin.

Sen A. K. (1977), « On weights and measures: Informational constraints in social welfare analysis », *Econometrica*, vol. 45(7), p. 1539-1572.

SESP/MTETM (Service économie, statistiques et prospective / Ministère du Transport, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer) (2006), « Politique de lutte contre le bruit dans les transports routiers »*, Les Comptes des transports en 2005* (Tome II), p. 9-21.

Sétra (2012), *L'induction de trafic. Revue bibliographique*, Rapport d'études, octobre.

Sétra (2012), *Évaluation de l'accessibilité territoriale*, Rapport d'étude, août.

Sétra (2010), *Calage et validation des modèles de trafic. Techniques appliquées à l'affectation routière interurbaine*, Guide, juillet.

Sétra (2012), *Modèles de trafic routiers*, Rapport d'études, juin.

Sétra (2010), *Monétarisation des externalités environnementales*, Rapport d'études, mai.

Sétra (2009), « Émissions routières de polluants atmosphériques. Courbes et facteurs d'influence », *Note d'information*, Série Économie Environnement Conception, n° 92, novembre.

Sétra (2008), *Analyse transversale de bilans LOTI de projets routiers. Volets « Transport » et « Effets socio-économiques »*, Rapport d'études, avril.

Sétra (2007), *Évaluation des projets d'infrastructures routières. Pilotage des études de trafic*, Guide méthodologique, Collection Les outils, octobre.

Sétra (2007), *Production des cartes de bruit stratégiques des grands axes routiers et ferroviaires*, Guide méthodologique, août.

Sétra (2007), « Calcul prévisionnel de bruit routier. Profils journaliers de trafic sur routes et autoroutes interurbaines », *Note d'information*, Série Économie Environnement Conception, n° 77, avril.

Sétra (2002*), ICTAVRI, Rapport du groupe de travail*, décembre.

Shires J. D. et De Jong G. C. (2009), « An international meta-analysis of values of travel time savings », *Evaluation and Program Planning*, vol. 32(4), p. 315-325.

Small K. A. *et al.* (1999), *Valuation of Travel-Time Savings and Predictability in Congested Conditions for Highway User-Cost Estimation*, NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) Report 431, Transportation Research Board, Washington DC.

Small K. A. et Rosen H. S. (1981), « Applied welfare economics with discrete choice models », *Econometrica*, vol. 49(1), p. 105-130.

Small K. A. et Verhoef E. (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Londres, Routledge.

Snow A. et Warren R. J. (1996*),* « The marginal welfare cost of public funds: Theory and estimates », *Journal of Public Economics*, vol. 61(2), p. 289-305.

SoeS (2013), *Bilan du rapport Bernadet*.

SoeS-CGEDD (2013), note SDST1212005 conjointe du SOeS et du CGEDD au président du CNIS sur le bilan de la mise en œuvre des recommandations du rapport du CNIS n° 102.

Souche S. (2003), « Péage urbain et équité : une revue de la littérature », *Les Cahiers scientifiques du transport*, n° 43, p. 119-146.

Stern N. (2006), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Londres, HM Treasury, octobre.

Stuart C. E. (1984), « Welfare costs per dollar of additional tax revenue in the United States », *American Economic Review*, vol. 74(3), p. 352-362.

Swedish Transport Administration (Trafikverket) (2012), *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5*.

Swinton S. M., Lupi F., Robertson G. P. et Hamilton S. K. (2007), « Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits », *Ecological Economics*, vol. 64(2), p. 245-252.

TEEB (2008), *L'Économie des écosystèmes et de la biodiversité*, Rapport d'étape, 70 p.

Tengs T. O. (1996), « An evaluation of Oregon's Medicaid rationing algorithms », *Health Economics*, vol. 5(3), p. 171-181.

Tengs T. O., Adams M. E., Pliskin J. S., Safran D. G., Siegel J. E., Weinstein M. C. et Graham J. D. (1995), « Five-hundred life-saving interventions and their cost-effectiveness », *Risk Analysis*, vol. 15(3), p. 369-90.

Thédié J. (1983), « Du choix des investissements sous contrainte financière », *Annales des Ponts et Chaussées*, 1er trimestre.

Thisse J.-F. (2009), « How transport costs shape the spatial pattern of economic activity », *OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers*, n° 2009-13, OECD Publishing.

Thisse J.-F. (2007), « Équité, efficacité et acceptabilité dans la localisation des équipements collectifs », *in* Maurice J. et Crozet Y. (eds.) *Le Calcul économique dans le processus de choix collectifs des investissements de transport*, Paris, PREDIT Economica, p. 361-401.

Thisse J.-F. (1994), « L'équité spatiale », *in* Auray J.-P., Bailly A., Derycke P.-H. et Huriot J.-M. (eds.) *Encyclopédie d'Économie Spatiale*, Paris, Economica, p. 225-231.

Tirole J. (1988), *The Theory of Industrial Organization* », MIT Press.

Trannoy A. (2007), « Équité territoriale, acceptabilité et grandes infrastructures de transport », *in* Maurice J. et Crozet Y. (eds.) *Le Calcul économique dans le processus de choix collectifs des investissements de transport*, Paris, PREDIT Economica, p. 402-431.

UK Department for Transport (2012), *Transport Analysis Guidance – WebTAG, TAG Unit 3.5.4:* « Cost Benefit Analysis », août.

Van Dender K. (2005), « Duopoly prices under congested access », *Journal of Regional Science*, vol. (45)2, p. 343-362.

Varian H. (1992), « Microeconomic Analysis » Norton International [1st Edition: 1978].

Venables A. J. et Gasiorek M. (1999), *The Welfare Implications of Transport Improvements in the Presence of Market Failure*, Report to the Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, DETR (Department of Environment, Transport and the Regions), Londres.

Vickerman R. W. (2007), « Recent evolution of research into the wider economic benefits of transport infrastructure investments », *OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers*, n° 2007-9, OECD Publishing.

Wardman M. (2004), « Public transport values of time », *Transport Policy*, vol. 11(4), p. 363-377.

Weisbrod G. E. et Alstadt B. B. (2007), « Progress and challenges in the application of economic analysis for transport policy and decision making », *OECD/ITF Joint Transport Research Centre Discussion Papers*, n° 2007-14, OECD Publishing.

Welch M. et Williams H. (1997), « Sensitivity of transport investments benefits to the evaluation of small travel-time savings », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. XXXI(3), p. 231-254.

Welde M. et Odeck J. (2009), Do planners get it right? The accuracy of travel demand forecasting in Norway. ITREC 2009 conference, Minneapolis.

Willig R. D. (1976), « Consumer's surplus without apology », *The American Economic Review*, vol. 66(4), p. 589-597.

World Bank (1998), *Handbook on Economic Analysis of Investment Operations*, Operational Core Services Network Learning and Leadership Center, P. Belli, J. Anderson, H. Barnum, J. Dixon, J.-P. Tan.

World Bank (2005), « Notes on the economic evaluation of transport projects », *Transport Note No. TRN-5*, Transport Economics, Policy and Poverty Thematic Group.

Worsley T. (2011), « The evolution of London's Crossrail Scheme and the development of the Department for Transports Economic Appraisal Methods », *International Transport Forum Discussion Papers*, n° 2011-27, OECD Publishing.

Zamparini L. et Reggiani A. (2007), « Freight transport and the value of travel time savings: A meta-analysis of empirical studies », *Transport Reviews*, vol. 27(5), p. 621-636.

Zhao Y. et Kockelman K. M. (2002), « The propagation of uncertainty through travel demand models: An exploratory analysis », *The Annals of Regional Science*, vol. 36(1), p. 145-163.

Zhu X., Van Ommeren J. et Rietveld P. (2009), « Indirect benefits of infrastructure improvement in the case of an imperfect labor market », *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 43(1), p. 57-72.

Les rapports du Commissariat général à la stratégie et à la prospective sont publiés sous la responsabilité éditoriale du Commissaire général. Les opinions qui y sont exprimées engagent leurs auteurs.

RAPPORT
DISPONIBLE SUR

www.strategie.gouv.fr (rubrique publications)

Retrouvez les dernières actualités du Commissariat général à la stratégie et à la prospective sur :

- www.strategie.gouv.fr
- CommissariatStrategieProspective
- @Strategie_Gouv

Commissariat général
à la stratégie
et à la prospective

Le rapport "L'évaluation socioéconomique des investissements publics" - septembre 2013 est une publication du Commissariat général à la stratégie et à la prospective

Directeur de la publication :
Jean Pisani-Ferry, commissaire général

Directeur de la rédaction :
Hervé Monange, adjoint au commissaire général

Secrétaires de rédaction : **Olivier de Broca, Sylvie Chasseloup**

Dépôt légal : **septembre 2013**

Contact presse : **Jean-Michel Roullé, responsable de la communication**
01 42 75 61 37 / 06 46 55 38 38
jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

Créé par décret du 22 avril 2013, le Commissariat général à la stratégie et à la prospective se substitue au Centre d'analyse stratégique. Lieu d'échanges et de concertation, le Commissariat général apporte son concours au Gouvernement pour la détermination des grandes orientations de l'avenir de la nation et des objectifs à moyen et long termes de son développement économique, social, culturel et environnemental. Il contribue, par ailleurs, à la préparation des réformes décidées par les pouvoirs publics.

www.strategie.gouv.fr