

Expertise économique et grandes infrastructures : l'Analyse Coûts-Avantages du Lyon-Turin de 2019

Jérôme Massiani

Università Milano Bicocca, Milano, DEMS

Cet article examine la contribution des experts à l'évaluation économique des grands projets à la lumière de l'évaluation du projet ferroviaire Lyon-Turin réalisée en Italie en 2019. Cette évaluation est née dans un contexte particulier caractérisé par une commande politique manifeste et concernant un chantier entamé. L'évaluation, globalement négative, a produit des résultats inattendus, contre-intuitifs et fortement critiqués. Nous analysons ces résultats et mettons en évidence le fait qu'ils apparaissent valides et dépendent des caractéristiques extrêmement particulières du projet : faible trafic initial, forte hypothèse de report modal, fiscalité et péages routiers élevés. Nous expliquons aussi certains résultats paradoxaux de l'analyse. En outre, le débat technique a été rendu particulièrement difficile en raison d'une incohérence dans les modalités de calcul préconisées par le guide méthodologique de l'Union européenne (UE). Nous analysons ensuite les mécanismes de légitimation et de délégitimation de l'expertise économique à l'œuvre dans cet épisode. L'une des conclusions auxquelles nous arrivons est que ce n'est pas la qualité du calcul économique qui en détermine l'acceptation et l'influence dans le débat public.

Mots-clés : Analyse Coûts-Avantages, infrastructures, mégaprojets

Economic expertise and large infrastructures projects: the 2019 Cost-Benefit Analysis of the Lyon-Turin project

This paper reviews the contribution of experts to the appraisal of large infrastructures, looking at the evaluation performed in 2019 in Italy by the Ministry of Infrastructures and Transports on the Lyon-Turin railway project. This evaluation had been initiated in a particular context, linked to a visible policy agenda and whilst the construction of the tunnel had already begun. The appraisal has produced surprising results, mostly counterintuitive and heavily criticized. We analyse these results and show how they can be valid, in that they would not result from inconsistency in the method but from the peculiar features of the project (low initial demand, high mode transfer compared with initial traffic, high road tax and toll levels). We also check the validity of some paradoxical results of the assessment. Moreover, the public debate has been made more difficult due to an inconsistency in EU evaluation guidelines. Also, we analyse mechanisms that affect the credibility of experts and we find that the influence of experts in the public debate has little to do with the inherent consistency of the methods used.

Keywords: Cost-Benefit Analysis, infrastructures, mega projects

Classification JEL : D61, H54

Pour la France comme pour l'Italie, le projet de ligne à grande vitesse Lyon-Turin représente un projet majeur, du moins si l'on se réfère au volume de l'investissement et aux attentes que le projet suscite. Ce projet a fait l'objet, depuis qu'il a été formulé, de plusieurs évaluations, en particulier diverses Analyses Coûts-Avantages (ACA). Au cours de la dernière décennie, les préparatifs du projet se sont intensifiés et l'on a assisté à un début de réalisation de l'infrastructure.

C'est dans ce contexte qu'à l'été 2018, le gouvernement italien charge un groupe de travail de réaliser une nouvelle Analyse Coûts-Avantages de ce projet (et de quatre autres), afin de déterminer s'il doit être poursuivi. En février 2019, le groupe de travail publie ses conclusions, connues sous le nom de rapport Ponti (MleT, 2019). Il s'ensuit un débat très animé qui place l'Analyse Coûts-Avantages au cœur du débat public, dans une mesure inconnue à ce jour en Italie et probablement dans les autres pays. Pendant des jours, cette discipline, généralement limitée aux arcanes des communications techniques et scientifiques, fait les titres de la presse nationale et locale, tandis que de nombreux experts prennent position. Le débat s'oriente vers de nombreuses critiques, dont certaines mettent en cause la cohérence du calcul mis en œuvre.

Le but de la présente contribution est de rendre compte de cet épisode de l'évaluation économique et d'en tirer les leçons pour que cette dernière puisse participer utilement au débat public et à la décision. Cette analyse paraît nécessaire pour plusieurs motifs. D'une part, à cette occasion, des critiques ont été formulées qui remettent en cause des méthodes consolidées du calcul économique. D'autre part, l'évaluation a fait apparaître des aspects du projet qui étaient restés inexplorés dans les analyses précédentes, notamment le fait que l'intérêt socio-économique du projet dépende en premier lieu du différentiel entre taxation (et profits) et externalités du mode routier. Cela s'est en outre manifesté par des résultats déroutants, en particulier le fait que plus le tunnel serait utilisé, moins sa valeur socio-économique serait élevée. Il s'agit là de résultats étonnants ; il faut comprendre s'ils sont cohérents du point de vue du calcul économique ou s'ils remettent en cause cette étude.

Pour présenter cette problématique, nous procédons par les étapes suivantes.

Dans une première partie, nous rappelons les évaluations antérieures à 2019 en montrant comment elles ont nourri des doutes sur la capacité de l'expertise économique à formuler des prévisions pertinentes sur ce projet.

Dans une seconde partie, nous présentons les résultats de l'analyse de 2019, examinons les critiques formulées à son encontre, en montrant comment les plus importantes résultent en grande partie d'une incompréhension de la méthode et des particularités du projet. Nous approfondissons également des paradoxes dans ces résultats.

Dans une troisième partie, nous nous interrogeons sur les facteurs de légitimation et délégitimation de l'expertise économique et examinons la manière dont ils ont été à l'œuvre dans l'évaluation de 2019.

Notre analyse met en évidence comment, outre sa complexité, le caractère extrêmement particulier du projet peut produire, si on lui applique des modalités de calcul cohérentes, des résultats extrêmement contre-intuitifs et objectivement difficiles à communiquer.

1. Les antécédents : une discipline malléable ou incertaine ?

Il est tout d'abord utile de reprendre les antécédents, c'est-à-dire les évaluations qui jalonnent depuis trente ans le projet de ligne à grande vitesse Lyon-Turin et ainsi que la série importante de prévisions erronées qui l'accompagne.

1.1. Des résultats inconstants

La Figure 1 présente le résultat principal (Valeur Actualisée Nette) des différentes évaluations réalisées depuis 1991.

Figure 1 : Études précédentes sur le Lyon-Turin (notre élaboration – milliard d'euros de Valeur Actualisée Nette, euros courants)

Figure 1a : Tunnel international et accès italiens

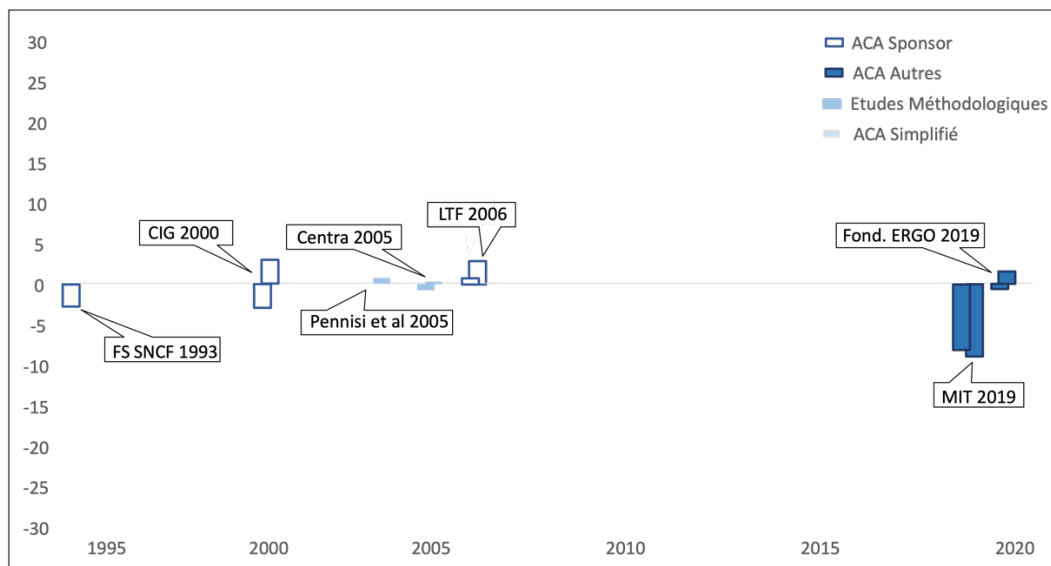
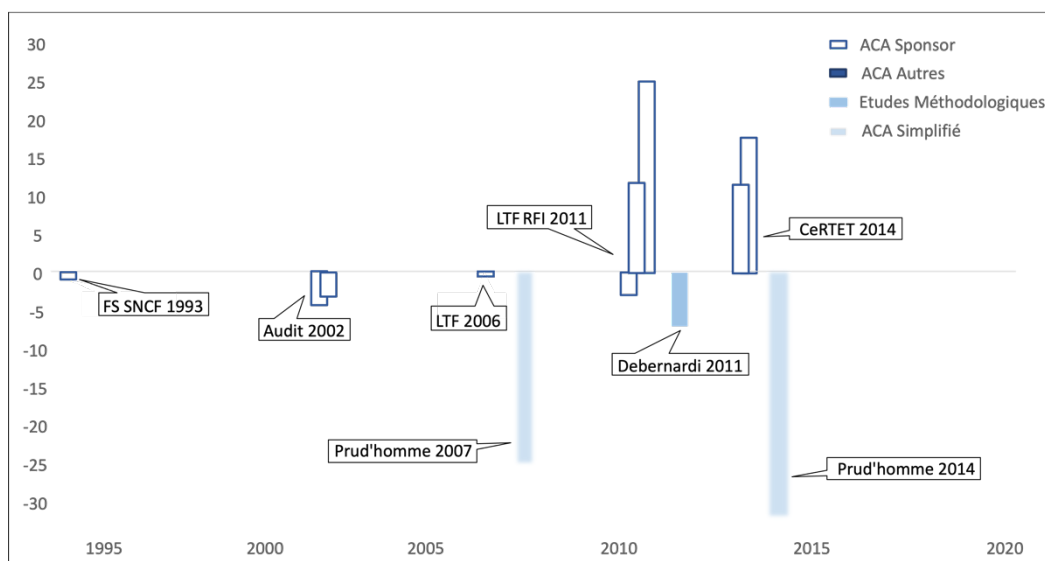


Figure 1b : Lyon-Turin complet



La lecture de ces données suggère deux hypothèses interprétatives, que nous explicitons, avant d'en relativiser la portée :

- d'une part, l'indétermination de l'évaluation économique, qui paraît produire des résultats fortement disparates ;
- d'autre part, le soupçon d'une capture des évaluateurs, qui pourraient être suspectés d'orienter leurs résultats en fonction de leurs commanditaires ou d'un contexte donné.

Ces deux remarques formulées, on doit en relativiser la portée. Tout d'abord, on notera que ces évaluations se réfèrent à des projets différents, parfois incomparables, lorsque certaines s'attachent à une infrastructure de bout en bout, alors que d'autres se limitent au tunnel international. En outre, il est patent que des hypothèses de croissance établies en 1991 peuvent être fortement distinctes d'autres hypothèses formulées en 2015, ce qui explique en partie la différence entre résultats.

On ne peut toutefois pas totalement exclure l'idée d'une grande indétermination des évaluations socio-économiques si l'on considère certains aspects cruciaux de ces évaluations, comme nous le montrons dans la section suivante.

1.2. Une série impressionnante de prévisions démenties

D'une part, on constate que des prévisions régulièrement démenties produisent un sentiment de ductibilité et de manque de fiabilité des études. Lisa Sutto (2009) nous rapporte comment les premières décennies d'évaluation du projet se sont articulées autour du thème du risque de saturation, alors que cette perspective a été fortement infirmée par la suite.

Au milieu des années 1990, la Direction de la Prévision avait, par exemple, contesté les taux de croissance retenus, en jugeant notamment l'hypothèse haute de croissance à long terme comme très

excessive. Mais cette critique a été remise en cause et n'a pas eu de suite. A. Bonnafous, par exemple, a considéré ces hypothèses comme « extrêmement prudentes » (1996), car nettement inférieures, à l'horizon 2005, à ce que donnerait un simple prolongement des dernières tendances enregistrées. À partir de l'exemple des tunnels routiers du Mont-Blanc et du Fréjus, qui en 1991 ont enregistré un trafic supérieur de 2 % à l'hypothèse haute d'une étude de simulation réalisée cinq ans plus tôt par le CETE, il a insisté sur le risque de sous-capacité du système d'infrastructures qu'aurait impliqué la non prise en compte d'une hypothèse de forte croissance. (Sutto, 2009)

Sur ce point, un élément important concerne la rupture de tendance dans la progression du produit industriel italien qui, en particulier après la crise de 2008, a redimensionné le potentiel du projet (Bonnafous et Clément, 2020)¹.

Cette difficulté à faire des prévisions n'est d'ailleurs pas propre au Lyon-Turin : on peut en effet rappeler les observations de la Cour des comptes sur les prévisions du TGV Nord (Cour des comptes, 1996) ou les difficultés de prévision de la demande pour Orlyval (Hivert *et al.*, 1988), de sinistre mémoire pour une génération de prévisionnistes des transports en France. On peut également citer les prévisions d'Eurotunnel, étudiées par Ricard Anguera (2006).

À ce risque de surestimation des trafics s'ajoute un risque de sous-estimation des coûts, souvent signalé dans la littérature (Flyvbjerg *et al.*, 2004), mais peu souvent considéré dans la pratique.

À l'été 2018, une nouvelle coalition arrive au pouvoir en Italie. Les deux formations qui gagnent les élections, Ligue et Mouvement 5 étoiles, ont des positions diamétralement opposées sur le sujet : le Mouvement 5 étoiles réunit de nombreux opposants au projet. Le contrat de gouvernement approuvé par les membres des deux formations coalisées indique alors : « en ce qui concerne la ligne à grande vitesse Turin-Lyon, nous nous engageons à rediscuter intégralement le projet dans le cadre de l'accord entre l'Italie et la France » (Movimento 5 stelle et Lega, 2018). Cela passe par une Analyse Coûts-Avantages. Et ce, alors que la réalisation du projet est déjà actée par deux traités internationaux et de nombreux textes européens et que des travaux ont déjà commencé, sans qu'il soit d'ailleurs facile de distinguer ce qui relève de travaux exploratoires et d'un réel démarrage du chantier.

¹ L'Analyse Coûts-Bénéfices (ACB) du projet Lyon-Turin présente toutefois des données qui montrent que les flux totaux (routier + ferroviaire ; Mont-Blanc+ Fréjus) baissent déjà au début des années 2000 (de 34 milliards de tonnes en 1994 à 28,1 milliards de tonnes en 2004) (MleT, 2019, p. 4).

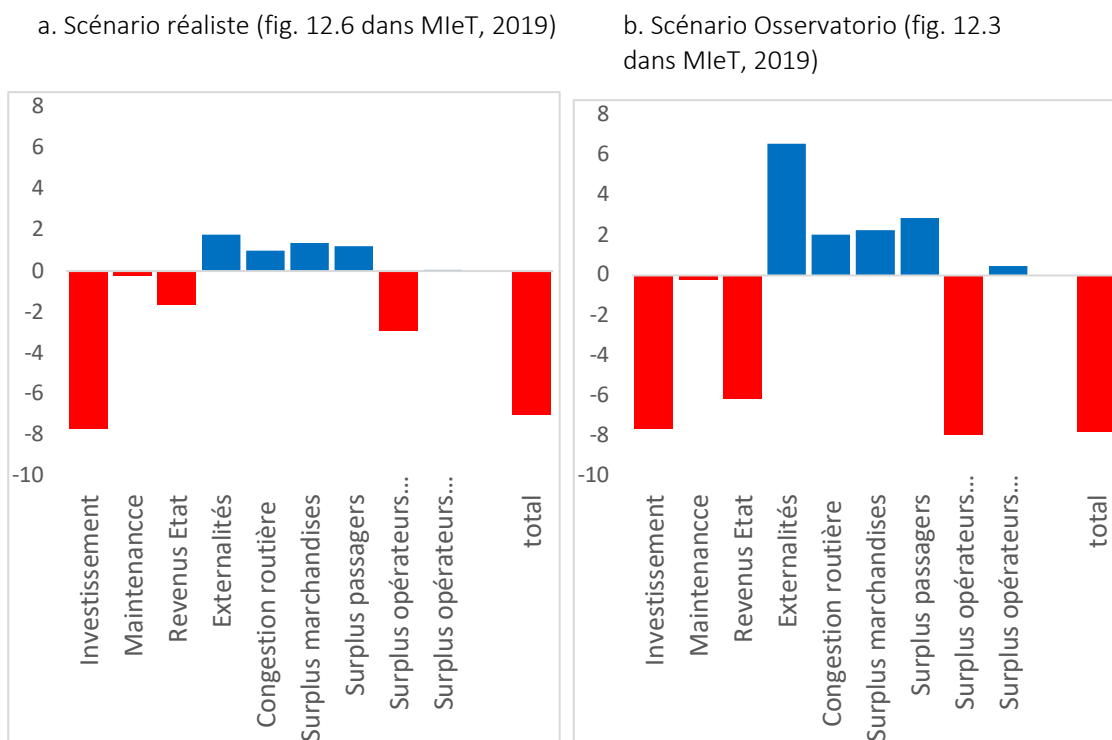
2. L'analyse de 2019 et ses critiques

Un groupe de travail est constitué au sein du ministère des Infrastructures, sous la direction de Marco Ponti, professeur retraité d'économie appliquée du Polytechnique de Milan. Ce groupe examine une série de projets². En février 2019, les conclusions du rapport sur le Lyon-Turin sont publiées (MleT, 2019). Nous en fournissons les principaux résultats avant de présenter les réactions que ce document a suscitées.

2.1. Des résultats négatifs et inattendus par certains aspects

Les résultats essentiels sont reportés sur les graphiques suivants (Figure 12), tels que proposés par le groupe de travail.

Figure 2 : Coûts et bénéfices (milliards d'euros)



Ils concernent deux scénarios de trafic, l'un qualifié de réaliste, l'autre « optimiste » ou encore « scénario Observatoire », du nom de l'institution italienne (Observatoire de l'axe ferroviaire Lyon-Turin, Osservatorio per l'asse ferroviaria Torino-Lione) qui avait supervisé la précédente évaluation et dont les prévisions de trafic sont reprises pour ce scénario (OAF-TL, 2011). Ces deux scénarios font apparaître un

² Nouvelle ligne Gênes-Milan (MleT, 2018) et Brescia-Padoue ; nœud ferroviaire de Florence ; contournement routier de Gênes.

bilan socio-économique négatif, fortement. En résumé, le projet coûte cher en investissement, il produit des avantages pour les utilisateurs et pour les tiers (décongestion routière, externalités environnementales), mais il impose une perte de recettes fiscales pour l'État (baisse des recettes d'accise) et une baisse des revenus nets des opérateurs autoroutiers : en effet, les franchissements routiers comportent des péages très importants qui peuvent dépasser 300 euros pour un poids lourd de classe 4.

2.2. Les critiques formulées

Ces résultats ont été immédiatement et fortement critiqués. Nous passerons ici sur certaines critiques manifestement erronées, par exemple « ne pas prendre en compte l'environnement » (OAFTL, 2019), alors que les externalités correspondent à cette catégorie, critiques qui pourront être commentées dans notre troisième partie.

On pourrait alors considérer quatre catégories de critiques.

Une critique récurrente consiste à dire que l'Analyse Coûts-Avantages n'aurait aucun sens pour un projet déjà commencé. Cela est un contre-sens, qui s'apparente au biais des coûts irrécupérables analysé par exemple par Amos Tversky et Daniel Kahneman (1986) dans le cadre des décisions privées. En l'espèce, l'analyse fournissait à la fois le coût total du projet, un résultat qui avait un intérêt historique, et le coût restant, ce qui constituait le résultat d'intérêt pour la décision.

Une autre catégorie de critiques concerne l'inadéquation intrinsèque de l'Analyse Coûts-Avantages, jugée inapte à informer le décideur, soit parce qu'il s'agit d'un projet considéré stratégique, exempté d'évaluation, soit parce que l'ACA ne prendrait pas en compte les effets de développements territoriaux ou macroéconomiques. Sont également invoqués les effets réseaux : réaliser cette infrastructure permet de compléter un réseau TEN-T (Trans-European Transport Network). Cela oublie que le projet évalué concerne la section Saint-Jean-de-Maurienne–Turin ; le coût de la section Lyon–Saint-Jean n'est pas comptabilisé. Il serait donc incohérent de comparer les coûts d'un projet incomplet avec les bénéfices d'un projet complet. Le débat risque alors de s'enliser dans une discussion sans conclusion sur le fait que le projet de tunnel n'est pas suffisant pour compléter ce réseau (il manquerait la section Saint-Jean-de-Maurienne–Lyon), à moins qu'elle n'y soit pas non plus nécessaire (en l'existence du tunnel historique, certes doté de performances moindres). Si l'on essaie d'approcher ces questions de manière plus structurée, on y voit apparaître deux thèmes : les effets indirects et les effets de réseaux, tous deux amplement traités dans la littérature économique.

D'autres critiques sont plus spécifiques et méritent une attention plus soutenue. Elles concernent tout d'abord le cadrage de l'étude.

- L'Analyse Coûts-Avantages est réalisée à l'échelle européenne, on y trouve par exemple la perte fiscale pour la France ou, dans une moindre mesure, la Suisse ou la Belgique, alors que c'est l'échelle italienne qui importait pour une décision devant répondre à un choix politique interne.
- L'analyse ne prendrait pas en compte les coûts liés à l'abandon du projet : le coût de mise en sécurité des sections déjà creusées n'est pas comptabilisé (en réalité le rapport final considère ces coûts dans les conclusions, p. 68 ; ils sont toutefois absents d'une partie des principaux résultats présentés, par exemple, p. 63-65).
- De même pour le coût d'éventuelles pénalités que l'État italien aurait à supporter en cas de renoncement à ses engagements internationaux et communautaires. Pour la précision, le rapport socio-économique était accompagné d'une étude juridique (Pucciariello, 2019) qui quantifiait cet aspect.
- Le coût réputationnel qui pourrait également en résulter, bien que ces considérations se prêtent à un traitement autonome, hors de l'ACA.

D'autres critiques, enfin, sont méthodologiques. C'est sur celles-ci que nous nous attarderons en raison de leur intérêt scientifique et du fait qu'elles témoignent d'une incompréhension de la méthode utilisée.

- La critique affirme que la perte de recettes fiscales (moindre consommation de carburant) ne devrait pas être comptabilisée comme un coût. Un argument sur ce point est que la fiscalité est un transfert. Argument supplémentaire : le guide méthodologique européen, dans sa dernière version (DG Regio, 2014), recommande d'exclure les pertes fiscales de l'évaluation du projet.
- Sur ce point au moins, mais aussi sur d'autres, l'étude ne suivrait pas les recommandations méthodologiques du ministère des Infrastructures et des Transports (MleT, 2017, approuvées par D.M. 14 juin 2017 n. 300) ni celles de l'Union européenne (DG Regio, 2014), alors que ces dernières sont proposées comme référence par le guide italien lui-même³.
- La perte de recettes de péage (nette de la variation des coûts opérationnels) devrait subir le même sort et disparaître des coûts du projet.
- Le surplus des utilisateurs applique la règle du trapèze (en anglais, *rule-of-half* ; en italien, *regola della metà*), qui serait erronée car elle comptabiliserait seulement la moitié des bénéfices des usagers : un euro de moins payé sur les autoroutes serait valorisé seulement à hauteur de 50 centimes de bénéfice pour les utilisateurs (OAFTL, 2019).
- Outre ces critiques méthodologiques, le débat met en lumière des résultats paradoxaux de cette évaluation :

³ Selon le document *Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche* (MleT, 2017, notre traduction) : « Pour les projets [...] y compris les infrastructures ferroviaires [...], constituent outils de référence méthodologique : le guide de la Commission européenne pour l'Analyse Coûts-Avantages des investissements [...]. Pour les projets correspondant à la catégorie c) et d) sont considérés comme références méthodologiques : le Guide méthodologique de la Commission européenne pour l'Analyse Coûts-Avantages des projets d'investissement, Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, le Manuel de la Commission européenne, DG MOVE, Update of the handbook on external costs of transport (2014). » En langue originale : « Per i progetti di cui alle categorie c) (Tra cui le opere ferroviarie – ndr) e d) costituiscono strumenti di riferimento metodologico: la Guida della Commissione Europea all'analisi costi-benefici dei progetti di investimento, Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020 (di seguito brevemente Linee Guida CE) e il Manuale della Commissione Europea, DG MOVE, Update of the handbook on external costs of transport (2014), di seguito (CE Handbook). »

- même si l'infrastructure pouvait être construite à coût zéro, elle aurait un bilan socio-économique négatif ;
- corollaire du point précédent : même si le tunnel était construit, il serait préférable de ne pas l'utiliser⁴ ;
- si on compare les résultats pour différentes hypothèses de trafic, on constate que plus le trafic est important, plus les bénéfices nets se réduisent.

2.3. Des critiques qui témoignent d'une incompréhension de l'analyse économique

Nous pouvons reprendre ces différentes critiques qui appellent des commentaires distincts.

Les premières correspondent à la définition de la mission. Sur ce point, il est probable qu'en absence d'un ordre de mission clair et informé, le groupe d'étude a effectué des choix qui pouvaient se justifier pour une communication scientifique, mais qui n'étaient probablement pas suffisamment centrés sur la question posée *hic et nunc* à l'Italie de 2019. Le choix de l'échelle européenne de l'évaluation, certes aligné avec les évaluations précédentes et cohérent avec les méthodes prescrites par exemple en France, pouvait paraître décalé par rapport à une décision politique intérieure. Il aurait été utile de proposer deux calculs : l'un concernant l'Europe dans son ensemble ; l'autre, l'Italie isolément. Ce dernier calcul a successivement été réalisé à la demande du gouvernement sans que ses résultats aient été publiés⁵.

D'autres critiques, plus proprement méthodologiques, apparaissent pour beaucoup étonnantes et témoignent d'une impréparation des commentateurs (pour une analyse détaillée, voir Massiani, 2023).

En premier lieu, la règle du trapèze (« règle de la moitié » si l'on traduit de l'anglais et de l'italien) ne divise pas par deux les bénéfices des utilisateurs. Si cela était exact, la quasi-totalité des évaluations économiques serait entachée d'une incohérence importante. Le caractère correct de la procédure est établi dans la littérature théorique (Williams, 1977), dans les manuels (Quinet, 1998) ; il est rappelé dans une littérature récente plus spécifique (Delle Site et Salucci, 2013 ; 2018). En outre, Massiani et Maltese (2019 ; 2022) montrent spécifiquement comment la critique formulée est erronée. Certains auteurs (Bergantino et Boitani, 2019 ; Boitani, 2019) ont confondu un calcul erroné, où l'on considérerait seulement la moitié de la différence de coût entre modes, et un autre calcul, correct, qui utilise la moitié des variations de coût sur chacun des modes. Un point important est qu'en Italie (mais pas seulement),

⁴ Et encore préférable de l'utiliser exclusivement pour le transport de personnes.

⁵ Interrogé sur ce point, l'un des rédacteurs indique qu'un résultat négatif persistait, même en se limitant à l'échelle de l'Italie.

des méthodes distinctes de la règle de la moitié, la variation de coûts généralisés ou les coûts évités, ont souvent été utilisées (Parolin et Maffii, 2014), alors qu'elles donnent des résultats biaisés.

En second lieu, le fait que les taxes soient un transfert n'implique pas de devoir les supprimer. Si l'on voulait supprimer la perte de recettes fiscales dans la Valeur Actualisée Nette (VAN), il faudrait faire une correction similaire sur le surplus des consommateurs. Plus en détail, les gains des usagers transférés ont une composante fiscale (en changeant de mode, les utilisateurs réduisent les accises payées). Ce thème a été discuté et approfondi dans d'autres pays. La question a été débattue aux Pays-Bas (CPB, 2011 ; 2015 ; Koopmans et Groot, 2010) et plus encore au Royaume-Uni lors de la discussion entre évaluation au coût des facteurs ou au prix du marché (Sugden, 1998). Au Royaume-Uni, le débat s'est résolu en proposant une double modalité d'évaluation : l'analyse peut se faire au prix du marché ou bien au coût des facteurs (net de taxes), mais, dans ce dernier cas, un ajustement uniforme doit se faire sur toutes les valeurs monétaires, y compris le surplus des usagers et les externalités.

Sur cette question de l'inclusion des effets sur les recettes fiscales, on peut constater que le guide européen (DG Regio, 2014) laisse planer des doutes (Massiani, 2021). On y trouve (avec quelques possibilités d'interprétation) une modalité de calcul ainsi définie :

- les pertes de recettes fiscales ne figurent pas parmi les coûts du projet ;
- les bénéfices des usagers sont calculés grâce à la règle du trapèze appliquée au coût généralisé (p. 100 et suivantes du guide).

L'approche recommandée par le guide européen consiste à réaliser des calculs nets de la taxation. Or, dans le détail, les modalités proposées sont en contradiction avec ce principe : si l'on souhaite exclure les taxes, il faut également le faire du surplus des consommateurs et ainsi réaliser une correction finalement neutre (du moins tant que l'on ne prend pas en compte les effets indirects de la taxation). Pour la normalité des projets, cette anomalie est peu visible, mais elle peut devenir problématique lorsqu'un projet a d'importants effets sur la fiscalité. Cette modalité de calcul est par ailleurs en contraste avec les versions précédentes du guide européen (DG Regio, 2008 ; European Commission, 1997 ; 2002), qui incluaient les pertes d'accises parmi les coûts. Elle contraste également avec la pratique internationale (Department for Transport, 2018) et avec les rares travaux qui explorent cette question (Sugden, 2005). Il faudra toutefois examiner dans quelle mesure ces résultats sont valables en équilibre général, lorsque l'ensemble des boucles de revenus sont considérées, y compris la rémunération des facteurs.

Un troisième point regarde la question des résultats paradoxaux. Ce point nous paraît nécessiter un traitement particulier, car il est peu couvert dans la littérature, à la différence des points précédents. L'analyse proposée ci-dessous met en évidence le fait que des effets contre-intuitifs ne signifient pas incohérence du calcul.

2.4. Des résultats paradoxaux

Nous analysons deux paradoxes mis en évidence par l'analyse de 2019 :

- un tunnel à coût zéro a un bilan socio-économique négatif ;
- plus le tunnel sera utilisé, moins son bilan sera positif (précisément, cela est le cas pour le trafic marchandises, mais pas pour le trafic voyageurs).

Pour cet approfondissement, nous partons d'une formalisation microéconomique qui décrit les bénéfices socio-économiques d'une amélioration d'un mode de transport. Nous nous en tenons à un projet simplifié : deux modes de transport existent, les consommateurs choisissent entre ces deux modes pour réaliser des déplacements. L'un des modes connaît une amélioration. La représentation proposée prend en compte la valeur du déplacement et des effets indirects tels que la variation des revenus fiscaux et des profits (publics ou privés) et les effets environnementaux. Outre les déplacements et l'activité à destination, le modèle inclut la consommation d'un bien générique : le budget qui n'est pas dépensé sur l'activité à destination et le transport peut l'être sur l'ensemble des autres biens.

Le détail de la modélisation est fourni en annexe B. Dans le cadre d'analyse proposé, avec fonction d'utilité quasi linéaire, la variation de bien-être collectif comporte les termes décrits ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : Bénéfices socio-économiques pour une amélioration du mode 2

		Transport	Autres biens
Ne se déplacent pas initialement	Non considérés dans cette formulation		
Usagers initiaux	Déplacements initiaux mode 2	$Q_2 \cdot \frac{1}{\lambda} (\beta(a_2 - a'_2))$	
	Déplacements induits des usagers initiaux	$Q_{x2} \left(\Phi() \frac{1}{\lambda} \beta(a_2 - a'_2) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right)$	$-Q_{x2} \left(\frac{p_2 + p_q}{p_x} (t_x + b_x + e_x) \right)$
Usagers transférés	Déplacements transférés	$Q_{12} \left(\Psi() \frac{1}{\lambda} \beta(a_2 - a'_2) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right)$	$Q_{12} \frac{p_1 - p_1}{p_x} (t_x + b_x + e_x)$
	Déplacements induits des usagers transférés	$Q_{x2T} \left(\Xi() \frac{1}{\lambda} \beta(a_2 - a'_2) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right)$	$-Q_{x2T} \left(\frac{1}{\lambda} \beta(a_2 - a'_2) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right)$
	Coût du projet	$-K$	

Avec (une liste complète des notations est fournie en annexe A) :

- a_2, a'_2 Attributs du mode 2
- $\beta,$ Poids des différents attributs
- λ Utilité marginale du revenu
- t_j Impôt unitaire sur le mode j
- b_j Profits unitaires sur le mode j
- e_j Externalités unitaires sur le mode j
- p_j Prix du mode j
- Q_2 Quantité initiale de déplacements sur le mode 2
- Q_{x2T} Déplacements induits des usagers transférés
- Q_{x2} Déplacements induits des usagers initiaux
- Q_{12} Déplacements transférés
- $\Phi(), \Psi(), \Xi()$ Fonctions qui représentent la courbure des fonctions de demande

Soit, si l'on réunit ces termes :

$$\begin{aligned} \Delta S^{GE} = & Q_{x2} \cdot \frac{1}{\lambda} (\beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + Q_{x2} \left(\Phi(\cdot) \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) + Q_{x2T} \left(\Xi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + \right. \\ & \left. (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) + \left(Q_{12} \psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) + Q_{12} ((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)) - \\ & Q_{x2} \left(\frac{(p_2 + p_q)}{p_x} (t_x + b_x + e_x) \right) - Q_{x2T} \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) + Q_{12} \frac{p_1 - p_1}{p_x} (t_x + b_x + e_x) \end{aligned} \quad (1)$$

Ou, si l'on utilise une approche en équilibre partiel, les derniers termes disparaissent.

$$\begin{aligned} \Delta S^{PE} = & Q_{x2} \cdot \frac{1}{\lambda} (\beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + Q_{x2} \left(\Phi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) + Q_{x2T} \left(\Xi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + \right. \\ & \left. (t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) + \left(Q_{12} \psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) + Q_{12} ((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)) \end{aligned} \quad (2)$$

Ces expressions peuvent être par la suite utilisées pour vérifier la possibilité des paradoxes. L'annexe C les examine de manière analytique, tandis que les paragraphes suivants le font de manière plus discursive.

2.4.1 Une fois le tunnel achevé, il serait préférable de ne pas l'utiliser ?

Un premier paradoxe est le suivant : une infrastructure qui serait réalisée sans coût pour la collectivité concernée, par exemple totalement financée par des fonds extérieurs, pourrait avoir un bénéfice social net négatif. Ou encore, cela en découle, une fois le tunnel construit, on aurait intérêt à ne jamais l'exploiter. Cela est surprenant, mais on peut percevoir la logique sous-jacente, tout en constatant que la portée du résultat est inattendue. Nous nous concentrons ici sur les ressorts de cette situation (démonstration formelle fournie en annexe C).

Le ressort essentiel qui motive le choix modal consiste dans la comparaison des coûts généralisés ; le coût du mode routier (fiscalité et péages compris) joue un rôle important dans cette comparaison.

- Si les taxes et péages (nets des variations de coût des opérateurs autoroutiers) sont inférieurs aux externalités négatives, chaque utilisateur transféré impose une perte fiscale et une perte de profit des opérateurs autoroutiers inférieure à l'amélioration des externalités.
- Au contraire, si les taxes et péages (nets des variations de coût des opérateurs autoroutiers) sont supérieurs aux externalités négatives, chaque utilisateur transféré impose une perte collective supérieure à l'amélioration des externalités⁶. Dans les cas les plus extrêmes, ces pertes peuvent être supérieures à la somme du surplus des usagers et du gain d'externalités.

⁶ Ce mécanisme fonctionne également lorsque l'on considère les taxes comme un transfert. Ce point est particulièrement contre-intuitif. On peut, par une expérience de pensée, se représenter une baisse progressive du coût du mode ferroviaire. Chaque utilisateur se transfère en situation d'équivalence. Son transfert coûte à l'État les taxes évitées, mais ne lui rapporte rien en soi, par définition. Si les coûts baissent encore en deçà de ce point d'équivalence, cela produit un bénéfice ultérieur sans conséquence sur la perte fiscale. Ce mécanisme est présent dans d'autres domaines, c'est par exemple celui mis en évidence par Fredrik Carlsson et Olof Johansson-Stenmann (2003) quand ils calculent une perte économique pour les politiques de diffusion des véhicules électriques en Suède.

Or, les paramètres de l'évaluation de 2019 correspondent à cette dernière situation.

Une question est alors de savoir si cette situation est réaliste et en particulier si les externalités environnementales sont correctement quantifiées. Le rapport cite une valeur moyenne des externalités pour les poids lourds de 0,16 euro par veh.km. On est tenté par une comparaison avec d'autres sources, mais la valeur citée est soumise à des effets de composition du trafic qui rendent difficile cette comparaison. Il est plus lisible de procéder à une comparaison unitaire, en distinguant au mieux les différentes externalités et les différents contextes géographiques. Une telle comparaison semble valider les valorisations retenues. Les valorisations environnementales sont issues du rapport Heatco (IER, 2006) ; elles correspondent aux valeurs alors en usage. En outre, les valeurs unitaires des externalités ont été majorées pour prendre en compte le contexte alpin qui rend les externalités plus sensibles (MleT, 2019, p. 53).

On ne trouve donc pas d'incohérence dans les paramètres de l'étude. Alors que le mécanisme paradoxal décrit ci-dessus est, pour la généralité des projets, peu influent, il peut jouer un rôle important dans le cas étudié, en particulier en raison de la forte composante marchandises du projet. Il existe une forte proportion de chargeurs particulièrement sensibles aux coûts, et la composante de taxes et de péages est importante dans ces coûts, plus que pour d'autres projets.

Nous concluons donc (pour l'analyse formelle, voir les annexes B et C) que le paradoxe étudié ne révèle pas une incohérence du calcul économique effectué, mais plutôt une particularité du projet et de son contexte.

2.4.2. Un tunnel d'autant moins « utile » qu'il est utilisé ?

Examinons maintenant le second paradoxe : à un trafic supérieur correspond un résultat moins favorable. Il s'agit alors d'un test de sensibilité, où l'on compare deux hypothèses de trafic. Pour analyser ce résultat, on peut se demander ce qui pourrait être la cause d'un trafic supérieur. On peut au moins imaginer les causes suivantes.

1. Une hypothèse de trafic « pour voir », qui n'aurait pas été mise en cohérence avec les fondamentaux du projet : il s'agirait d'un test de robustesse sur le calcul.
2. Un élément de contexte plus favorable, comme le niveau d'activité économique.
3. Des paramètres comportementaux plus favorables au projet.
4. Des caractéristiques du projet plus favorables.

Nous nous concentrons sur les usagers transférés (Q_{12} dans nos notations), qui sont essentiels par rapport aux induits (Q_{x2} et Q_{x2T} dans nos notations).

Dans la première situation, une hypothèse de trafic « pour voir », le résultat paradoxal (plus l'infrastructure est utilisée, moins elle est utile) résulte de l'incohérence entre les scénarios et les

fondamentaux : l'une des hypothèses serait incohérente et cela devient apparent grâce à cette comparaison. Le résultat témoignerait du fait qu'il y aurait quelque chose « qui ne colle pas » dans les scénarios et non d'une incohérence du modèle d'évaluation. Dans au moins une occasion⁷, c'est le sens que l'un des auteurs de l'évaluation donne aux résultats : le scénario « optimiste » serait irréaliste et cela apparaîtrait dans la comparaison entre les résultats des différents scénarios. Cela n'impliquerait alors pas une incohérence de la méthode d'évaluation. Il était toutefois risqué de choisir cette voie sans l'explicitier plus clairement dans le rapport, au risque de créer un malentendu.

Cette première explication est d'un intérêt limité. Il paraît plus fécond de nous demander si le paradoxe mis en évidence peut advenir avec un modèle et des données cohérents. On passe alors à une autre explication possible.

Une deuxième cause possible : si le trafic plus élevé dérive d'une activité économique supérieure – par exemple un PIB supérieur –, les différentes variables du problème ainsi que son résultat final seront amplifiés. Dans certains cas, le projet pourra passer d'un solde négatif pour une activité économique faible à un solde positif pour un niveau d'activité plus élevé. C'est cette configuration qui avait été mise en évidence dans une évaluation publiée en 2011 (OAFTL, 2011)⁸. À l'opposé, si l'incidence d'un usager transféré est négative, soit : $\beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) < 0$, (le second terme dans l'équation (2), voir annexes B et C), une économie plus grande pourra produire une perte plus importante. Dans ces conditions, du fait d'une dimension supérieure de l'économie, le projet peut avoir un bilan plus négatif quand le transfert modal augmente, pour un niveau donné des paramètres d'évaluation⁹.

Il est donc cohérent, à un premier niveau d'analyse, qu'un usage plus important du tunnel, s'il résulte d'une dimension plus importante de l'économie, amplifie les résultats éventuellement négatifs de l'analyse. Aussi, on ne peut pas conclure qu'un projet plus utilisé soit nécessairement plus utile, ou du moins préférable. On ne peut pas conclure qu'une analyse qui montrerait cela soit nécessairement incohérente.

Une troisième situation qui pourrait expliquer un résultat plus négatif en présence d'un trafic supérieur est assez semblable à la précédente : l'analyste teste alors des attributs plus favorables. Par exemple, qu'arriverait-il si l'on avait sous-estimé l'amélioration du service sur une desserte ferroviaire ? Cette hypothèse implique un trafic plus important et produit des gains privés. Ici encore, on peut entrevoir

⁷ Journée scientifique de la Société italienne d'économie des transports à Bologne en septembre 2019.

⁸ On peut comparer, sur la Figure 1a, les trois scénarios de cette Analyse Coûts-Avantages, où le scénario défavorable aboutit à une Valeur Actualisée Nette négative alors que les deux autres scénarios sont d'autant plus favorables que le contexte économique est porteur.

⁹ Ce point nécessite toutefois, pour une analyse formelle, de renoncer à la fonction d'utilité quasi linéaire.

que cela n'implique pas un résultat plus favorable pour le projet. Il n'est pas garanti que des gains privés supplémentaires compensent la composante négative liée aux autres composantes : le coût fiscal (et les profits) net du gain sur les externalités.

Une quatrième situation, qui pourrait expliquer une utilisation plus importante du projet, concerne des paramètres comportementaux différents. Par exemple, l'analyste veut savoir ce qui se passerait si les usagers étaient plus sensibles, par rapport à l'hypothèse de base, à certains avantages du projet : les voyageurs pourraient avoir une valeur du temps plus élevée que dans l'hypothèse de base. Cette approche s'applique pour une structure donnée du modèle. Le surcroît de trafic s'explique alors par une hypothèse comportementale différente, qui doit aussi être reflétée dans l'évaluation. Dans ce cas, il est logique que les utilisateurs additionnels produisent des bénéfices privés. Peut-on alors en conclure que le bénéfice net du projet doit augmenter ? En toute rigueur, rien n'exclut que ces bénéfices privés soient inférieurs à la perte collective (perte de taxes et recettes nettes des opérateurs moins gains environnementaux) qui résulte par ailleurs de ces usagers. Cela est analysé formellement dans l'annexe C. Il est donc possible que des paramètres comportementaux qui augmentent le trafic du projet puissent détériorer son bénéfice socio-économique.

2.4.3. Des paradoxes qui résultent d'une modélisation cohérente

Ces différents exemples montrent que les paradoxes imputés à l'ACA de 2019 ne suffisent pas à remettre en cause la cohérence interne du calcul utilisé à cette occasion. Différents aspects peuvent expliquer ces paradoxes et ils tendent à montrer que la fiscalité et la tarification routière (et son éventuel caractère sur-internalisant) sont un élément essentiel dans le calcul de la rentabilité socio-économique du projet. On peut même conclure, au contraire de ce qui a été suggéré, qu'un modèle qui interdirait ces résultats serait incohérent.

Nous pouvons maintenant conclure cette section en mettant en évidence les points suivants :

- une série d'études nombreuses, pas strictement comparables, mais qui fournissent une image d'excessive mutabilité du calcul économique, en partie mais pas totalement expliquée par les différences dans l'objet de l'évaluation (sections différentes, mise à jour des projections de trafic, coût différent) ;
- une série de prévisions infirmées par les faits, qui réduit la crédibilité des économistes ;
- une étude réalisée dans un contexte politique très marqué, ce qui favorisait les malentendus ;
- des résultats défavorables immédiatement critiqués, mais des critiques qui apparaissent souvent mal informées ;
- des effets contre-intuitifs et des paradoxes qui auraient mérité d'être mieux compris.

Ce dernier point nous amène à notre troisième partie concernant les mécanismes de légitimation ou de délégitimation des experts tels qu'ils sont à l'œuvre dans l'évaluation économique.

3. Légitimation et délégitimation de l'expertise économique

Dans cette partie, nous examinons les facteurs de légitimation et de délégitimation de l'expertise économique. Il s'agit de comprendre comment certains d'entre eux peuvent être porteurs de malentendus et nuire à la qualité de la délibération et de la définition des politiques publiques.

La littérature sur la légitimité de l'expertise économique convoque avant tout des sources sociologiques. Le thème de la légitimité est en particulier traité par les sociologues comme Brigitte Bouquet (2014), qui substantifie la notion de « crise de légitimité » dans la sphère publique. La lecture de Christiane Restier-Melleray (1990) permet de mesurer l'évolution sur trente ans ; le thème de la contestation y apparaît très ténu, alors qu'il constitue aujourd'hui une dimension essentielle de l'expertise. Delphine Dulong (1996) examine comment, dans les dernières décennies du xx^e siècle, les politiques se sont approprié l'argumentation économique et comment cela a délégitimé ce discours et privé les économistes du monopole de cette expertise dans le débat public. En outre, des différences nationales apparaissent : Markus Gabel et René Lasserre (2006) montrent la spécificité de la fonction d'expert économique en Allemagne. D'autres contributions sont plus centrées sur notre sujet. Ainsi, Yves Crozet (2004) observe le peu d'influence des expertises (en particulier celles qui produisent des évaluations négatives) sur les politiques effectivement menées. Il remarque également que, parfois, les décideurs contestent le calcul économique pour des raisons qui seront successivement intégrées dans cette pratique et ils semblent ainsi en anticiper les évolutions.

La littérature anglo-saxonne offre un panorama plus varié. Certains travaux constatent une étonnante efficacité argumentative du calcul économique : Julie Clare Markham (2018) analyse la légitimation comptable qui se met en place, avec l'Analyse Coûts-Avantages, dans le débat néo-zélandais sur l'anticancéreux Herceptin. Sa description d'une capacité de conviction peu contestée du calcul économique semble diamétralement opposée à ce que nous avons observé dans le débat sur la grande vitesse ferroviaire. Mais elle s'inscrit dans une littérature critique sur la tentative de légitimation opérée par les approches comptables ou, plus globalement, celle de la rationalité économique. On retrouve de telles critiques, dans les travaux initiaux de Ruth D. Hines (1988), dont le titre résume bien l'orientation – « Financial accounting: In communicating reality, we construct reality » – ou encore ceux de Theodore M. Porter (1996) et Crawford Spence (2009).

La question de l'expertise est en outre particulièrement problématique dans le cas de l'économie, en raison de son statut peu déterminé entre science, discipline ou discours. Il est courant de remarquer que l'économie est une discipline peu conclusive : on observe les désaccords des économistes, tout en minimisant leurs accords parfois substantiels (Allègre, 2015). On observe ainsi que s'expriment des économistes atterrés, alors que l'on ne connaît pas de physiciens atterrés ni de chimistes atterrés, ou

du moins qui se constituent en groupe sous ce terme. On assiste globalement à une délégitimation de l'économie théorique, vue comme un jeu mathématique abstrait qualifié de *mathiness* par l'économiste Paul Romer. En contrepoint s'expriment ponctuellement des contre-arguments concernant, par exemple, l'expérimentalisme, qui progresse et pourrait redorer l'analyse économique de ses oripeaux poppériens. En témoignent des essais (Cahuc et Zylberberg, 2016), alors que la littérature scientifique est plus prudente, y compris lorsqu'elle se concentre sur l'Analyse Coûts-Avantages (Williams, 1972).

Ce statut ambigu semble se réguler par une duplicité : celle des économistes qui font les économistes sans s'illusionner sur leurs chances d'être compris et celle d'une société civile qui devient à la fois consommatrice du discours économique, productrice d'un tel discours, et affirme fortement sa méfiance. Le système de l'expertise économique se régule alors par des appels à la modestie et des moments ritualisés de contrition¹⁰.

C'est dans ce cadre que le groupe de travail est installé et doit produire son évaluation. Cette évaluation doit en outre prendre en compte des éléments de contexte plus particuliers et qui recelaient de nombreux risques.

3.1. Une discipline qui s'oppose aux représentations *a priori* et qui est mise en œuvre dans un contexte difficile

On examine en premier lieu comment l'Analyse Coûts-Avantages, par sa nature même, se positionne contre les représentations communes. En second lieu, on étudie le contexte particulier de 2019 qui pouvait rendre plus ardue une tentative de rationalisation. Enfin, on approfondit les mécanismes de légitimation ou de délégitimation qui ont caractérisé cet épisode évaluatif.

3.1.1. L'Analyse Coûts-Avantages contre les représentations communes

On peut tout d'abord souligner la difficulté de l'évaluation économique en général en raison des distorsions cognitives qui peuvent altérer la perception d'une politique donnée. En effet, les interventions soumises à évaluation mettent souvent à l'épreuve des distorsions perceptives qui peuvent en biaiser la compréhension. On pourra reprendre l'affirmation de Cass R. Sunstein : « la meilleure justification de l'Analyse Coûts-Avantages est qu'elle représente un moyen de dépasser des

¹⁰ « Nous nous sommes trompés » est un leitmotiv dans la communication des économistes. On pourra citer Bruno Le Maire sur les contrats autoroutiers (*Ouest France*, 29 avril 2023), André Sapir sur les règles budgétaires européennes (*Le Soir*, 8 octobre 2020). On pourra aussi écouter : « L'économie prend le pouvoir. Épisode 4/4 : Une science d'autorité ? », dans *Entendez-vous l'éco*, France Culture, 10 janvier 2019.

problèmes prévisibles dans les cognitions individuelles et collectives¹¹ » (Sunstein, 2000). Cela place l'économiste dans la situation peu confortable de s'affirmer comme détenteur de la mission de détromper l'opinion, ce qui le fera apparaître prétentieux ou ambitieux. Cette prétention n'apparaît toutefois pas illégitime. Dans de nombreuses situations, les biais sont attestés. Des résultats montrent ainsi comment les acquéreurs de voiture sous-estiment massivement leurs futures dépenses de carburant et les économies qu'ils feraient s'ils choisissaient des modèles plus efficaces (Massiani, 2012), ou encore comment une politique en faveur des véhicules électriques peut, contre l'intuition, avoir un bilan socio-économique négatif (Massiani, 2015). Ce besoin de dépasser les données immédiates de la conscience paraît légitimer le recours à un calcul économique extérieur pour orienter les choix.

Outre les distorsions qui existent en général et qui peuvent déjà influencer le débat public (biais de confirmation, etc.), certaines semblent trouver un terrain d'application privilégié dans le cas des grandes infrastructures. On citera :

- le biais de disponibilité : on dispose d'une expérience concrète des inconvénients du trafic automobile (celui des autres, pourrait-on ajouter), alors que les autres éléments sont moins immédiatement perceptibles (pollution, coût fiscal – supporté par les autres –, critères de choix de mode par les transporteurs) ;
- le biais de proportion, qui conduit à penser qu'un million ou un milliard ne sont pas si différents, ou que la différence entre mille et un million est à peu près la même qu'entre un million ou un milliard, ou plus généralement, une perception logarithmique des grandeurs qui atténue le poids des sommes importantes (Dehaene *et al.*, 2008) ;
- le biais de coûts irrécupérables, par lequel on poursuit une action en raison des ressources qui y ont déjà été consacrées (Tversky et Kahneman, 1986).

Outre ces biais, il faut considérer plus précisément le contexte sociétal particulier du projet.

3.1.2. Une évaluation complexe effectuée dans des conditions très contraintes

Nous sommes tout d'abord dans un contexte de fort soutien de l'opinion publique italienne au projet. Celui-ci touche certains points sensibles de la conscience nationale (Lastrico, 2012) : la vision volontariste du développement industriel du Nord-Ouest, la crainte de la relégation, le rattachement symbolique et matériel à l'Europe, la comparaison avec l'exemplarité supposée des voisins suisses et autrichiens qui réalisent d'importantes infrastructures ferroviaires.

On doit ensuite insister sur un contexte de forte politisation de la question. Ce contexte voit le Mouvement 5 étoiles arriver pour la première fois aux affaires et le portefeuille des infrastructures

¹¹ "My basic suggestion is that cost-benefit analysis is best defended as a means of overcoming predictable problems in individual and social cognition."

confié à un ministre qui critique ouvertement le projet. Cette genèse a pesé dans la réception de l'évaluation.

Face à ces biais, le Lyon-Turin se caractérise par une complexité intrinsèque redoutable qui défie la superficialité. Se former une idée sur la validité du projet nécessite de nombreuses informations. On peut l'illustrer en s'attardant sur un seul aspect de ces questions : le tunnel historique. Outre le fait de savoir qu'il existe déjà un tunnel (en Italie, nous avons constaté, sans qu'il soit facile de le documenter, que certaines personnes n'en avaient pas conscience avant le débat de 2019), il faut arriver à apprécier les limites techniques de ce tunnel, les inconvénients de traction que cela comporte, il faut savoir que la France et l'Italie l'ont récemment porté au gabarit GB1, savoir estimer la portée et les limites de cette amélioration, savoir juger des conditions de sécurité pour les circulations dans le tunnel existant, savoir dans quelle mesure on pourrait alors intervenir pour améliorer ces conditions, estimer à quel point la longueur maximale des trains autorisés à traverser le tunnel est pénalisante. On perçoit déjà la difficulté et parfois l'indétermination, même pour un expert, de ces éléments. Il faut alors considérer que les complications se multiplient lorsque l'on veut considérer tous les aspects du projet.

À cela s'ajoute une temporalité problématique de l'évaluation de 2019. Travailler sur un projet en cours (quelle que soit la difficulté à quantifier exactement le degré d'avancement du projet) est une gageure. En outre, cela expose les experts à des pressions : au cas où leurs analyses tardent, ils sont accusés de retarder le projet, voire de vouloir ainsi jouer la montre. Même en résistant à ces pressions, les experts ont peu de contrôle sur leur calendrier, qui ne dépend pas seulement de la commande ministérielle ; le contexte reste celui d'une instabilité gouvernementale. Sans retomber dans la caricature de ladite Première République, le régime de forte instabilité gouvernementale qui a prévalu jusqu'aux années 1990, un gouvernement de coalition est toujours en sursis et pourrait disparaître d'un jour à l'autre, ce qui finit d'ailleurs par arriver en juillet 2019. Cette temporalité, qui signifie un groupe de travail en sursis dès son installation, pèse sur les conditions du débat public. Faut-il pour l'expert ajuster ses temporalités en fonction de ces contraintes ? La déontologie suggère que non : il faut approfondir autant que nécessaire la question. La déontologie suggère que oui : il est inutile de travailler à une évaluation ministérielle si elle ne sert pas la décision politique.

Enfin, un écueil particulièrement redoutable est constitué par l'incohérence que nous avons soulignée du guide méthodologique de l'UE qui prescrit d'exclure des coûts du projet la perte d'accises, mais de ne pas l'exclure du surplus des usagers. Or, la loi italienne prévoit que l'on utilise, pour les questions non spécifiées dans le guide national, le guide de l'UE. Il fallait alors soit suivre une méthode erronée, soit produire un résultat correct, mais suspect ; on voit difficilement comment la crédibilité des experts aurait pu survivre à une telle alternative.

3.2. Les mécanismes de délégitimation à l'œuvre

Dans ce contexte, nous cherchons à analyser les différents facteurs de légitimation et de délégitimation de l'expertise – nous venons d'en citer un, l'adhésion ou non aux prescriptions des guides méthodologiques – et à montrer comment ils peuvent ou non favoriser la qualité de la délibération.

3.2.1. Facteurs de délégitimation

Nous analysons tout d'abord les facteurs de délégitimation ; dans un premier temps ceux sur lesquels les experts ne peuvent agir, puis ceux sur lesquels ils le peuvent.

Concernant les premiers, constituent des facteurs de délégitimation les éléments suivants.

- La réponse à une commande politique. Ce point a déjà été commenté.
- Une objectivation, voire une idéalisation excessive de la méthode : à diverses reprises, les responsables politiques ont affirmé que le choix serait effectué sur la base de l'Analyse Coûts-Avantages, mais cela a semblé signifier que la décision politique serait laissée aux experts. Cela a été contre-productif, car cela est apparu comme un recul du politique au profit de la sphère technique. Cela s'opposait à une vision plus modérée du rôle de l'ACA, telle que l'exprimait, par exemple, Marcel Boiteux : « Faire du bilan socioéconomique, non le seul critère, mais le noyau de l'estimation de la valeur d'un projet. » (Boiteux, 1994)
- L'existence d'antécédents chez les experts chargés de l'évaluation, qui avaient, pour au moins trois d'entre eux, exprimé des positions critiques sur le projet, de sorte que leur résultat négatif était *a priori* suspect. En réalité, l'argument paraît spécieux : il aurait été facile pour les experts, s'ils avaient été guidés par des considérations opportunistes, de conclure – sans se dédire – que le projet était initialement inopportun, mais que, après déduction des coûts partis, il convenait de l'achever.
- D'apparentes contradictions avec d'autres travaux. Ce point s'est prêté à différentes opérations de décrédibilisation. Certains membres du groupe de travail ayant déjà réalisé des travaux sur des lignes à grande vitesse, il devenait alors possible de reprendre telle ou telle affirmation passée pour construire une contradiction, fût-elle factice. Cela a été le cas en opposant d'une part l'étude *The impact of TEN-T completion on growth, jobs and the environment* (European Union, 2019), qui reconnaît des effets positifs des réseaux ferroviaires à grande vitesse et, d'autre part, le résultat négatif concernant le tunnel international du Lyon-Turin.
- L'idée, parfois non exprimée, que l'on pouvait faire sans. Le projet ne nécessitait pas que les économistes en démontrent l'utilité (ou l'inutilité). Un avis tout au plus informatif, nullement requis, nullement conditionnant pour la décision.
- Un groupe exposé à des manœuvres de délégitimation. Le diable se glisse dans les détails : on a ainsi pu observer des problèmes d'attribution des propos des experts. Lorsque ces derniers remettent les conclusions de leur première étude (MleT, 2018 sur le projet Gênes-Milan, dit *terzo valico*), leur rapport est une annexe d'un dossier plus complet. Or, dans le corps du dossier (p. 5 et suivantes) sont insérées des affirmations, qui par la suite sont attribuées au groupe de travail. En outre, le groupe était soumis à une clause de confidentialité, jusqu'à la publication de ses résultats. Cependant, il leur fallait interagir avec d'autres conseillers du ministère qui pouvaient alors préparer un contre-argumentaire et laisser fuiter quelques informations sans que le groupe ait la possibilité de répondre.

- Des modèles excessivement parcimonieux. Différents choix méthodologiques ont été particulièrement parcimonieux : non-recours à un modèle d'Équilibre Général Calculable, adhérence à un cadre d'analyse en équilibre partiel, certes habituel dans les ACA, mais qui pouvait être remis en cause pour une infrastructure perçue comme majeure, utilisation d'un modèle de trafic routier extrêmement simplifié. On pourrait discuter sur le fait que cela soit un choix dépendant ou non du groupe de travail ; il subsiste toutefois un effet de délégitimation des travaux réalisés.

Concernant les facteurs de délégitimation sur lesquels le groupe avait un degré de contrôle majeur, on peut citer les éléments suivants.

- Des résultats contre-intuitifs dans leur substance et dans leur présentation.
 - L'idée que la perte de recettes fiscales pour l'État soit un coût du projet passe mal. Elle est presque universellement décriée, y compris par les spécialistes (OAFTL, 2019), alors que cela correspond à la pratique de l'ACA et à la recommandation de la majorité des guides méthodologiques (Massiani, 2021) et à une nécessité de cohérence du calcul économique.
 - Le fait que le surplus des consommateurs contienne le bénéfice que les usagers tirent d'une moindre fiscalité sur le ferroviaire répondait à cette objection, mais cette réponse est restée incomprise, voire inaudible.
 - Les experts présentent, à titre de comparaison, des résultats conformes au guide méthodologique de l'UE (excluant des coûts la perte d'accises) et affirment qu'ils sont incorrects. Mais ces modèles sont appelés calculs « sans accises », alors que leur caractérisation exacte est différente : il s'agit de calculs où les variations des recettes d'accise ont été enlevées des coûts, mais non des bénéfices ; cela gagnerait à être désigné différemment.
- Répondre à une question qui n'est pas celle posée *hic et nunc*. Les experts répondent à la question de savoir si le projet est d'intérêt pour l'Europe. Ils présentent des résultats avec ou sans les coûts de mise en sécurité du chantier et ils remettent à d'autres analyses la considération des pénalités pour rupture des engagements internationaux, objet d'une autre étude menée en parallèle (Pucciariello, 2019). Cela est aligné avec ce qui a été fait dans les études précédentes du projet, mais ne correspondait pas à la question qui se posait au gouvernement italien au printemps 2019.
- « L'endogamie » du groupe d'étude. Le groupe de travail a été critiqué pour ses membres issus du même sérail, c'est-à-dire des personnes présentées comme affidées au professeur Ponti. C'est objectivement un facteur de délégitimation, quel que soit l'intérêt fonctionnel de ce choix, en particulier considérant l'incohérence du guide méthodologique européen, qui a pu être révélée à cette occasion. On peut douter que dans le temps disponible un groupe de travail plus œcuménique ait été en mesure à la fois d'évaluer le Lyon-Turin et de clarifier une position commune sur les prescriptions du guide européen.
- L'hétérogénéité forte des opposants au projet. En Italie, depuis que le sujet existe, les voix critiques juxtaposent des oppositions locales, une partie des écologistes, la gauche radicale et anarchiste, quelques libéraux et une majorité du Mouvement 5 étoiles. On peut alors actualiser le constat établi par Michèle Merger (2011) d'une hétérogénéité des opposants peu propice à une prise de position à l'unisson. On perçoit la difficulté à agréger, même temporairement, en soutien d'une approche cohérente, des points de vue aussi contrastés. À l'inverse, hormis le mouvement penta-étoilé (si l'on nous permet ce décalque de l'italien), les principales formations politiques soutiennent le projet, ainsi que de nombreux représentants du corps social, très fortement dans le cas de la Ligue, partenaire de la coalition

gouvernementale en place de juin 2018 à septembre 2019. Enfin, les conclusions de l'analyse – en particulier le fait que plus le tunnel est utilisé, plus la collectivité subit une perte –, conclusions fortement contre-intuitives, étaient par ailleurs peu mobilisables par les opposants au projet, qui avaient jusqu'à présent argumenté du faible intérêt du projet au motif qu'il serait trop peu utilisé.

Par symétrie apparaissent des facteurs de légitimation, mais dans le cas d'espèce, ils jouent en faveur des contestataires de l'analyse du ministère. On citera :

- le nombre : pour beaucoup, si les opposants aux conclusions du groupe Ponti sont nombreux (OAFTL, 2019), c'est qu'ils ont raison – quelle que soit la faiblesse de ce raisonnement, il fonctionne puissamment ;
- l'extériorité : seules des personnes extérieures au circuit décisionnel apparaissent crédibles pour s'exprimer en autonomie sur ce sujet, or la plupart de ces voix s'expriment contre les conclusions de l'étude ;
- la position d'opposant : cela amplifie le point précédent, tant que les opposants au projet font partie de l'opposition, ils ont une crédibilité qu'ils perdent lorsqu'ils accèdent aux responsabilités.

Enfin, la complexité de la situation se manifeste dans le fait que certains facteurs de légitimation qui jouent en temps normal ne se sont pas activés en faveur du groupe de travail.

- Une rémunération transparente et peu spéculative : la rémunération des experts a été rendue publique ; l'un des experts, retraité, n'a pas été rémunéré, mais l'accusation *pecunia non olet* n'a pas besoin d'être documentée pour fonctionner.
- La qualification professionnelle : quatre au moins des membres du groupe de travail sont auteurs de nombreuses publications scientifiques.

Il ne semble qu'aucun de ces deux éléments n'ait joué en faveur de la crédibilité du groupe.

Conclusions

Trente ans après les premières évaluations, le citoyen ou le décideur font encore face à des résultats disparates sur la base desquels il est difficile de conclure. Certes, la disparité que nous avons documentée s'explique en partie par des différences entre les projets analysés, liées à des hypothèses de trafic qui ont évolué sur plusieurs décennies, mais aussi à des choix méthodologiques parfois différents, du moins pour ce qui apparaît dans la documentation disponible.

Dans cet article, nous avons analysé l'épisode évaluatif de 2019. Le caractère complexe et multidimensionnel à la fois du projet et des techniques d'évaluation mises en œuvre constitue un défi pour la formulation de conclusions à notre analyse. Nous pensons toutefois pouvoir en proposer quelques-unes.

Elles concernent en premier lieu le contenu de l'ACA de 2019.

Cet épisode met en évidence des aspects généralement ignorés ou sous-estimés dans le débat public : l'intérêt socio-économique d'un projet comme le Lyon-Turin dépend en particulier du niveau d'internalisation des externalités et du pouvoir de marché (ou de monopole) des sociétés autoroutières¹². Cet aspect n'est pas inconnu des économistes, mais le fait qu'il puisse produire des effets fortement contre-intuitifs a pris de court nombre d'entre eux (Massiani, 2023).

Ainsi, l'évaluation du groupe Ponti apparaît comme un épisode insolite. Le résultat en a été fortement critiqué, mais principalement sur la base de principes erronés d'analyse économique. De nombreuses critiques formulées (Boitani, 2019) sont formellement incohérentes, surtout en considérant qu'elles concernent, pour certaines, l'axiomatique du calcul économique ou encore sa cohérence interne. Cette incohérence est d'autant plus inopportune que ces critiques provenaient d'un milieu qualifié. Il est trop tôt pour comprendre si cet errement de la communauté des économistes exprime une difficulté ou une réticence de la société italienne à assimiler cette méthode (moins utilisée en Italie que dans d'autres pays européens, mais pas totalement inconnue) ou s'il préfigure une modalité post-moderne et peut-être post-vérité de participation des élites à la vie publique qui dépasserait le seul contexte italien.

Il apparaît par ailleurs pertinent de dresser un bilan de l'ACA de 2019, de savoir de quelle manière elle a contribué à la décision politique. On assiste, à cette occasion, à un renforcement du soutien au projet dans l'opinion publique, du moins si l'on se réfère aux sondages d'opinion. L'engagement en faveur du projet est confirmé par un vote du Parlement en août 2019. Dans l'ensemble, la grande vitesse ferroviaire se pare d'un aspect nouveau, elle est traitée comme un bien méritoire, dont les vertus sont acceptées *a priori*. Sans que nous ayons la place de l'analyser, nous proposons le terme « totémisation » du projet, notion plus large que celle de sanctuarisation, cette dernière étant conçue comme la protection d'une ressource territoriale ou économique.

Concernant les méthodes d'évaluation, on assiste à l'adhésion à des affirmations méthodologiques incohérentes, comme celles formulées sur la règle du trapèze (accusée à tort de réduire de moitié les bénéfices). On risque ainsi de voir s'installer des pratiques incorrectes, situation qui a par ailleurs déjà été observée temporairement dans différents pays européens (voir Nagel *et al.*, 2015 pour le cas allemand). On assiste également à une décrédibilisation de l'Analyse Coûts-Avantages. On risque alors de se priver d'un outil essentiel de réflexion sur l'intérêt économique des décisions publiques. En parallèle, on constate que de vraies questions méthodologiques, pourtant signalées par la littérature, restent ignorées dans le débat public. C'est le cas en particulier de la question des surcoûts (Flyvbjerg *et al.*, 2004) qui pourrait fortement impacter les bénéfices nets du projet. S'y ajoute la question de la

¹² Cette relation est toutefois complexe : sans sur-internalisation, le trafic ferroviaire actuel serait plus faible, ce qui réduirait les bénéfices nets du projet.

prise en compte des profits dans l'évaluation des projets : si un projet réduit d'un euro les profits, cela a-t-il la même valeur pour la société que de réduire d'un euro les revenus des consommateurs ? Question importante, rendue encore plus complexe lorsque, comme dans le cas d'espèce, il s'agit de profits de deux opérateurs autoroutiers détenus en grande partie par le secteur public.

Dans ce contexte, la question de la légitimité des experts peut alors être formulée en termes nouveaux. On assiste à une « démonétisation » de l'expertise. Face à cela, certains souhaiteraient y répondre par une re-légitimation. C'est ce type de démarche qui est proposé dans la plupart des projets européens dont nous avons connaissance concernant l'expertise scientifique, comme les projets Peritia, Quest ou Concise. On peut toutefois s'interroger : l'objectif doit-il être d'augmenter la confiance accordée aux scientifiques ou de rendre la production scientifique plus digne de confiance ? La variable d'action pertinente est la *trustworthiness* et non la *trust* – ou pour éviter un anglicisme, *l'affidabilità* plus que la *fiducia*. On peut alors opposer la légitimation stratégique qui vise à légitimer des expertises en soi, et la légitimation substantielle qui consiste à orienter les pratiques et les discours scientifiques vers des méthodes cohérentes et attentives aux faits, en favorisant des processus de construction de la connaissance scientifique qui, au moins, éliminent les incohérences.

Il est plausible que cette conception, plus exigeante, nécessite un échange serein et approfondi qui tire les leçons de l'expérience du Lyon-Turin et des malentendus qui se sont exprimés à l'occasion de l'ACA de 2019.

Nous espérons que le présent document pourra contribuer à cet objectif.

Bibliographie

- Allègre, G. (2015). Pourquoi les économistes sont-ils en désaccord ? Faits, valeurs et paradigmes. *Revue de l'OFCE*, 139 (3), p. 197-224.
- Anguera, R. (2006). The Channel Tunnel. An ex post economic evaluation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40 (4), p. 291-315, DOI : 10.1016/j.tra.2005.08.009.
- Bergantino, A., Boitani, A. (2019). Usi e abusi dell'analisi costi benefici. Le valutazioni degli investimenti ferroviari. Dans E. Cascetta (dir.). *Perchè TAV, risultati prospettive e rischi di un progetto paese*. Milan : Il Sole 24 ore.
- Boitani, A. (2019). Torino-Lione. Fondamenti tecnici dell'analisi costi-benefici. Présentation projetée au Collège Carlo Alberto, Turin, 28 février 2019. Enregistrement disponible en ligne : <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=buNiGm0lesM> (consulté le 15 mars 2024).
- Boiteux, M. (dir.). (1994). Transports, pour un meilleur choix des investissements. Rapport du Commissariat général au plan. Paris : La Documentation française.
- Bonafous, A., Clément, L. (2020). La liaison Lyon-Turin. *Annales des Mines – Réalités industrielles*, 2020 (3), p. 33-39, DOI : 10.3917/rindu1.203.0033.

- Bouquet, B. (2014). La complexité de la légitimité. *Vie sociale*, 8, p.13-23, DOI : 10.3917/vsoc.144.0011.
- Braess, D. (1968). Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung. *Unternehmensforschung*, 12 (1), p. 258-268, DOI : 10.1007/BF01918335.
- Cahuc, P., Zylberberg, A. (2016). *Le négationnisme économique et comment s'en débarrasser*. Paris : Flammarion.
- Carlsson, F., Johansson-Stenman, O. (2003). Costs and benefits of electric vehicles. *Journal of Transport Economics and Policy*, 37 (1), p. 1-28.
- Cour des comptes. (1996). *Rapport annuel*. Paris : Journal officiel.
- CPB. (2011). *De BTW in Kosten-Batenanalyses*. Centraal Planbureau.
- CPB. (2015). *Btw en de reistijdwaardering van zakelijke reizen en goederenvervoer in maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Centraal Planbureau. En ligne : <https://www.cpb.nl/publicatie/btw-en-de-reistijdwaardering-van-zakelijke-reizen-en-goederenvervoer-in-mkba> (consulté le 15 mars 2024).
- Crozet, Y. (2004). Calcul économique et démocratie. Des certitudes technocratiques au tâtonnement politique. *Cahiers d'économie politique*, 47, p.155-172, DOI : 10.3917/cep.047.0155.
- Dehaene, S., Izard, V., Spelke, E., Pica, P. (2008). Log or linear? Distinct intuitions of the number scale in Western and Amazonian Indigene cultures. *Science*, 320 (5880), p. 1217-1220, DOI : 10.1126/science.1156540.
- Delle Site, P., Salucci, M. V. (2013). Transition choice probabilities and welfare analysis in random utility models with imperfect before–after correlation. *Transportation Research Part B: Methodological*, 58 (C), p. 215-242, DOI : 10.1016/j.trb.2013.09.003.
- Delle Site, P., Salucci, M. V. (2018). Diversione modale e benefici degli utenti. Tra intuizione e rigore. *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 1 (2), DOI : 10.13137/2282-6599/22393.
- Department for Transport. (2018). *Transport Analysis Guidance (TAG)*. En ligne : <https://www.gov.uk/transport-analysis-guidance-webtag> (consulté le 15 mars 2024).
- DG Regio. (2008). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*. European Commission, Directorate, General Regional Policy. En ligne : https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/evaluations-guidance-documents/2008/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects (consulté le 15 mars 2024).
- DG Regio. (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014-2020*. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. En ligne : https://ec.europa.eu/regional_policy/en/information/publications/guides/2014/guide-to-cost-benefit-analysis-of-investment-projects-for-cohesion-policy-2014-2020 (consulté le 15 mars 2024).
- Dulong, D. (1996). Quand l'économie devient politique. La conversion de la compétence économique en compétence politique sous la V^e République. *Politix. Revue des sciences sociales du politique*, 9 (35), 109-130, DOI : 10.3406/polix.1996.1958.
- European Commission. (1997). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Major Projects in the Context of EC Regional Policies*. EU Commission. Series: Evaluation and Documents, 3, June 1997.
- European Commission. (2002). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects [(Structural of Investment Projects Fund-ERDF, Cohesion Fund and ISPA), European Commission]*.

- European Union. (2019, avril 2). *The Impact of Ten-T Completion on Growth, Jobs and the Environment. Methodology and Results. Final Report*. Publications Office of the European Union. En ligne : <http://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/71e25029-55d6-11e9-a8ed-01aa75ed71a1> (consulté le 15 mars 2024).
- Flyvbjerg, B., Glenting, C., Rønne, A. (2004). *Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning*. Social Science Research Network (SSRN Scholarly Paper ID 278346). En ligne : <https://papers.ssrn.com/abstract=2278346> (consulté le 15 mars 2024).
- Gabel, M., Lasserre, R. (2006). L'expertise économique et le conseil politique à l'épreuve du changement. *Regards sur l'économie allemande. Bulletin économique du CIRAC*, 78, p. 11-22, DOI : 10.4000/rea.746.
- Hines, R. D. (1988). Financial accounting. In communicating reality, we construct reality. *Accounting, Organizations and Society*, 13 (3), p. 251-261, DOI : 10.1016/0361-3682(88)90003-7.
- Hivert, L., Orfeuil J.-P., Troulay, P. (1988). *Modèles désagrégés de choix modal. Réflexions méthodologiques autour d'une prévision de trafic*. Arcueil : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Inrets), rapport n° 67.
- IER. (2006). Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO). Proposal for Harmonized Guidelines.
- Koopmans, C. Groot, W. (2010). *Accijnzen in KBA's anders presenteren?* Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM), Notitie over OEI, 2.
- Lastrico, V. (2012). *Processi decisionali e movimenti di protesta tra scienza e politica. Una comparazione tra italia e francia sul caso alta velocità*. Thèse de doctorat. Université de Milan. DOI : 10.13130/Lastrico-Valerio_PhD2012-06-11.
- Markham, J. C. (2018). *No More Than Comfort? A logics approach to the « grip » of cost-benefit analysis in a New Zealand public policy decision*. Thèse de doctorat. Université Victoria de Wellington. En ligne : <http://researcharchive.vuw.ac.nz/handle/10063/7013> (consulté le 15 mars 2024).
- Massiani, J. (2012). Using stated preferences to forecast alternative fuel vehicles market diffusion. *Italian Journal of Regional Sciences – Scienze Regionali*, 11 (3), p. 93-122.
- Massiani, J. (2015). Cost-Benefit Analysis of policies for the development of electric vehicles in Germany. Methods and results. *Transport Policy*, 38, p. 19-26, DOI : 10.1016/j.tranpol.2014.10.005.
- Massiani, J. (2021). An inconsistency in the European Union guidelines for cost-benefit analysis of investment projects. *Journal of Transport Economics and Policy (JTEP)*, 55 (3), p. 192-219.
- Massiani, J. (2023). Lost in Taxation. *Italian Economic Journal*, 10, p. 81-124, DOI : 10.1007/s40797-022-00203-5.
- Massiani, J., Maltese, I. (2019). La regola della metà nella valutazione economica delle infrastrutture. Utilità e coerenza. *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 2.
- Massiani, J., Maltese, I. (2022). Thirty years of socio-economic evaluation of the Lyon–Turin High–Speed rail project. *Research in Transportation Economics*, 94, 101123, DOI : 10.1016/j.retrec.2021.101123.
- Merger, M. (2011). Le projet de la ligne ferroviaire Lyon-Turin et les modalités décisionnelles en Italie. Ou l'histoire d'un projet à petite vitesse... Dans N. Stoskopf, P. Lamard (dir.). *Transports, territoires et société*. Paris : Picard, p. 135-147, DOI : 10.3917/pica.stosk.2011.01.0135.

- MleT. (2016). *Infrastrutture utili. Guida operativa alla valutazione ex ante degli investimenti pubblici*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- MleT. (2017). *Linee guida per la valutazione degli investimenti in opere pubbliche nei settori di competenza del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- MleT. (2018). *Analisi costi-benefici della Linea AC Genova – Milano – Terzo Valico dei Giovi*. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.
- MleT. (2019). *Analisi costi-benefici del nuovo collegamento ferroviario Torino – Lione*. Ministero delle Infrastrutture. Gruppo di lavoro sulla valutazione dei progetti (Marco Ponti, Paolo Beria, Alfredo Drufulca, Riccardo Parolin, Francesco Ramella). En ligne : <http://www.notavtorino.org/documenti-17/torino-lione-analisi-costi-benefici-2019-02-12.pdf> (consulté le 15 mars 2024).
- Movimento 5 Stelle, Lega. (2018). *Contratto per il Governo del Cambiamento*. En ligne : https://www.ansa.it/documents/1526568727881_Governo.pdf (consulté le 15 mars 2024).
- Nagel, K., Kickhoefer, B., Winter, M. (2015). Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption. *Zeitschrift fuer Verkehrswissenschaft*, 86 (3), p. 219-239.
- OAFTL. (2011). *Quaderni dell'Osservatorio per l'Asse Ferroviario Torino-Lione, 8, Analisi costi-benefici, analisi globale e ricadute sul territorio*. En ligne : https://presidenza.governo.it/osservatorio_torino_lione/quaderni/quaderno8.pdf (consulté le 15 mars 2024).
- OAFTL. (2019). *Quaderni dell'Osservatorio per l'Asse Ferroviario Torino-Lione, 14, Rassegna delle valutazioni e dei commenti di accademici, tecnici ed esperti*. En ligne : https://presidenza.governo.it/osservatorio_torino_lione/quaderni/Quaderno14.pdf (consulté le 15 mars 2024).
- Parolin, R., Maffii, S. (2014). La stima dei benefici del traffico divertito. *Rivista di Economia e Politica dei Trasporti*, 3.
- Porter, T. M. (1996). *Trust in Numbers. The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton, Princeton University Press. En ligne : <https://muse.jhu.edu/book/36191> (consulté le 15 mars 2024).
- Pucciariello. (2019). *Relazione tecnico-giuridica. Linea Ferroviaria AV/AC Torino-Lione*. En ligne : https://www.camera.it/application/xmanager/projects/leg18/attachments/upload_file_doc_acquisiti/pdfs/000/000/886/Relazione_tecnico-giuridica_Torino-Lione.pdf (consulté le 15 mars 2024).
- Quinet, E. (1998). *Principes d'économie des transports*. Paris : Economica.
- Restier-Melleray, C. (1990). Experts et expertise scientifique. Le cas de la France. *Revue française de science politique*, 40 (4), p. 546-585, DOI : 10.3406/rfsp.1990.394498.
- Spence, C. (2009). Social accounting's emancipatory potential. A Gramscian critique. *Critical Perspectives on Accounting*, 20 (2), p. 205-227, DOI : 10.1016/j.cpa.2007.06.003.
- Sugden, R. (1998). *The Treatment of Taxation in the Cost-Benefit Appraisal of Transport Investment*. Economics Research Centre University of East Anglia.
- Sugden, R. (2005). *The Treatment of Taxation in the Cost-Benefit Appraisal of Transport Appraisal*. Report to the Department for Transport. Londres.

- Sunstein, C. R. (2000). Cognition and cost-benefit analysis. *The Journal of Legal Studies*, 29 (S2), p. 1059-1103, DOI : 10.1086/468105.
- Sutto, L. (2009). *Le rôle de l'expertise économique dans l'élaboration des politiques alpines de transport et du projet Lyon-Turin : vers l'émergence d'un espace alpin ?* Thèse de doctorat en sciences économiques. Université Lyon 2. En ligne : http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2009/sutto_1#p=0&a=top (consulté le 15 mars 2024).
- Tversky, A., Kahneman, D. (1986). Rational choice and the framing of decisions. *The Journal of Business*, 59 (4), S251-S278.
- Williams, H. C. W. L. (1977). On the formation of travel demand models and economic evaluation measures of user benefit. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 9 (3), p. 285-344, DOI : 10.1068/a090285.
- Williams, A. (1972). Cost-benefit analysis. Bastard science? and/or insidious poison in the body politick? *Journal of Public Economics*, 1 (2), p. 199-225, DOI : 10.1016/0047-2727(72)90002-3.

Annexes

Annexe A : Notations

Indices

i Individu
 $j=1,2$ Mode

Biens

q Activité à destination
 x Bien générique

Revenus

R Revenu effectif (pris en compte par l'utilisateur)
 Y Revenu total (y compris effets indirects)

Préférences

$U()$ Fonction d'utilité
 $W()$ Fonction de bien-être socio-économique
 $f(q)$ Utilité de l'activité à destination
 α_2, α_2' Attributs du mode 2 (vecteur)
 β Poids des différents attributs (vecteur)
 $\epsilon_{i1}, \epsilon_{i2}$ Partie stochastique de l'utilité des modes
 λ Utilité marginale du revenu
 e_j Externalités unitaires sur le mode j
 $Ext()$ Externalités totales

Prix

p_j Prix du mode j
 t_j Impôt unitaire sur le mode j
 b_j Profits unitaires sur le mode j

Quantités

q_{ji} Quantité de déplacements sur le mode j pour l'individu i
 Q_2 Quantité initiale de déplacement sur le mode 2
 Q_{x2T} Déplacements induits des usagers transférés
 Q_{x2} Déplacements induits des usagers initiaux
 Q_{12} Déplacements transférés
 $\Phi(\cdot), \Psi(\cdot), \Xi(\cdot)$ Fonctions qui représentent la courbure de la fonction de demande agrégée
 $\phi_i(\cdot), \psi_i(\cdot), \xi_i(\cdot)$ Fonctions qui représentent la courbure de la fonction de demande individuelle

Annexe B : Bénéfices socio-économiques d'un projet de transport

Nous proposons une modélisation microéconomique des bénéfices sociaux d'un projet de transport¹³. Nous présentons ici les résultats correspondant aux hypothèses suivantes : fonction d'utilité quasi linéaire, amélioration d'un seul mode. Nous commençons par décrire la fonction de bien-être collective. Puis nous calculons le surplus d'un utilisateur individuel. Tout d'abord pour une amélioration infinitésimale d'un mode, puis d'une amélioration finie. Puis nous intégrons les effets indirects : fiscalité, profits, externalités. Enfin, nous agrégeons sur l'ensemble des usagers.

¹³ Cette partie a bénéficié d'échanges avec Émile Quinet.

B.1. La fonction de bien-être individuelle

Les consommateurs peuvent choisir entre un bien générique x et une activité à destination, qui nécessite un déplacement. Ce déplacement peut être réalisé par deux modes. Les individus sont caractérisés par un terme aléatoire spécifique à l'individu et au mode qui capture les caractéristiques non observées du mode (ou de l'individu). Ce terme permet de rendre compte des différences de comportement entre individus. La fonction de bien-être de l'individu i s'écrit :

$$W_i(q, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, x, \epsilon_{i1}, \epsilon_{i2}, e_1, e_2)$$

On gagne à introduire une fonction d'utilité, qui peut être distincte de la fonction de bien-être et qui représente les préférences prises en compte par l'utilisateur dans ses choix. On pourra supposer, dans le cas le plus simple :

$$U_i(q, \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, x, \epsilon_{i1}, \epsilon_{i2}) = f(q) + q_1(\epsilon_{i1} - \boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{a}_1) + q_2(\epsilon_{i2} - \boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{a}_2) + x$$

U_i peut être différente de W_i si le consommateur ne prend pas en compte certains effets comme les externalités.

Quelques caractéristiques de ces fonctions U et W méritent d'être commentées.

Nous introduisons des coefficients β_k pour les différents attributs a_{jk} dans la fonction d'utilité : β_k représente l'effet de l'attribut k sur le niveau d'utilité. Les attributs et les coefficients sont définis de manière à ce que $\beta_k \cdot a_k$ soit un coût (une réduction de l'utilité). Les attributs non monétaires contribuent à l'utilité ordinale sous une forme additive, avec notations matricielles : $\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{a}_j$.

On note ainsi que l'utilité a deux composantes, l'une déterministe, l'autre stochastique.

On retient les conditions de convexité suivantes : $\frac{dU}{dq} > 0$, $\frac{dU}{dq} < 0$, and $\frac{dU}{dx} > 0$, $\frac{dU}{dx} \leq 0$.

La contrainte budgétaire s'écrit :

$$p_x \cdot x + p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 + p_q \cdot (q_1 + q_2) = R_i + B_i + T_i - K_i \quad (3)$$

Avec :

- B_i profits pour l'individu i .
- T_i transferts publics pour l'individu i .
- R_i revenus (autre que transferts et profits) pour i .
- K_i coût du projet pour l'individu.
- p_j, p_q, p_x prix du mode j et des biens q et x .

Toutefois, si l'agent économique ne prend pas en compte les effets indirects de ses choix, sa contrainte budgétaire effective pourra s'écrire :

$$p_x \cdot x + p_1 \cdot q_1 + p_2 \cdot q_2 + p_q \cdot (q_1 + q_2) - R \quad (4)$$

En outre :

$$p_j = c_j + t_j + b_j \quad (5)$$

Avec :

- t_j taxe par unité.
- b_j profits par unité.
- c_j coût de production.

Les mêmes relations valent pour p_q, p_x .

Lorsqu'un consommateur dépense pour le mode j , cela a des effets sur le compte du Trésor et sur les profits. Ces entrées supplémentaires, T et B, profitent aux contribuables et aux actionnaires qui se trouvent être, en fin de compte, des consommateurs. Ces flux ne sont pas nécessairement pris en compte dans les choix de consommation ; il s'agit d'effets indirects qui ne sont pas visibles dans les systèmes de prix qui apparaissent au consommateur. Ces flux produiront des effets dans un second temps. On pourrait également considérer les revenus du travail produits dans les situations avec ou sans projet, cela pourra être fait dans une version ultérieure de cette analyse. Ces flux seront variables, selon les consommateurs et en fonction de la distribution : chaque consommateur peut recevoir une fraction différente des transferts et des bénéfices. Nous introduisons σ_i , la part des bénéfices qui revient au consommateur i , et τ_i , la part des transferts qui lui revient. De plus, le coût K du projet réduit le revenu disponible de l'individu pour $\kappa_i \cdot K$, une fraction du coût du projet. On a par ailleurs :

$$\sum \tau_i = 1 \quad (6)$$

$$\sum \sigma_i = 1 \quad (7)$$

$$\sum \kappa_i = 1 \quad (8)$$

Le comportement du consommateur peut être formalisé sur cette base. Il implique une solution discrète où l'utilisateur réalise tous ses déplacements sur le même mode. Si le consommateur a une information imparfaite, s'il ne perçoit pas les effets indirects (variations de recettes fiscales) ou néglige les externalités, ses choix sont représentés par la fonction U et par la contrainte de budget décrite ci-dessus (5).

Sur cette base, il est possible de calculer les gains de bien-être en fonction d'une modification de l'offre de transport.

B.2. Définition du projet

Sur la base de cette formulation, nous pouvons exprimer le changement d'utilité et de bien-être résultant d'un changement dans les caractéristiques d'un mode. On se concentre sur une amélioration de la qualité du mode 2 :

- $\beta \cdot \Delta a_2 < 0$ ($\beta \cdot a_2$ est un coût généralisé et il se réduit grâce au projet)

et sur une situation typique, où :

- la somme des taxes et des profits est supérieure sur le mode 1
 - $t_1 + b_1 > t_2 + b_2$
- les externalités positives sont supérieures sur le mode 2 (ou encore le mode 1 a plus d'externalités négatives)
 - $e_2 > e_1$ (e_j peut être positive ou négative).

Lorsque le mode 2 s'améliore, on assiste à plusieurs effets. Avec des notations évidentes :

- certains voyageurs passent du mode 1 au mode 2 ; cela transfère Q_{12} déplacements ;
- l'utilisation du mode 1 se réduit : $Q'_1 < Q_1$;
- le projet modifie les externalités de $((Q'_1 - Q_1)e_1 + (Q'_2 - Q_2)e_2)$.

B.3. Effet d'une modification de l'offre de transport

Si l'on s'en tient à l'effet direct sur l'individu i , on peut écrire que la variation de bien-être est égale à la dérivée par rapport à a_2 de l'expression (11) $\mathcal{L}_i(q_{1i}, q_{2i}, x_i; \mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2)$, le lagrangien qui modélise le choix de l'individu. Si l'individu a une certaine myopie sur son bien-être ou sur certaines contraintes, il faut, dans un second temps, ajouter des termes correspondant à des effets indirects additionnels, en l'occurrence T, B, E auxquels s'ajoute K.

On peut donc écrire :

$$\frac{\partial w_i}{\partial a_2} = \frac{\partial U_i^*}{\partial a_2} + \lambda \sigma_i \frac{\partial B}{\partial a_2} + \lambda \tau_i \frac{\partial T}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial Ext}{\partial a_2} - \lambda \kappa_i \cdot K \quad (9)$$

On se concentre dans un premier temps sur le premier terme $\frac{\partial U_i^*}{\partial a_2}$ qui correspond au surplus de l'utilisateur.

B.3.1. Surplus d'un usager

Le théorème de l'enveloppe donne :

$$\frac{\partial U_i^*}{\partial a_2} = \frac{\partial \mathcal{L}_i^*}{\partial a_2} \quad (10)$$

avec

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_i(q_{1i}, q_{2i}, x_i; \mathbf{a}, \mathbf{a}_1) = & f(q_{1i} + q_{2i}) - q_{1i} \cdot (\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{a}_{1i} + \epsilon_{1i}) - q_{2i} \cdot (\boldsymbol{\beta} \cdot \mathbf{a}_2 + \epsilon_{2i}) + (x_i) \\ & - \lambda(p_x \cdot x_i + p_1 \cdot q_{1i} + p_2 \cdot q_{2i} + p_q \cdot (q_{1i} + q_{2i}) - R_i) \end{aligned} \quad (11)$$

On obtient :

$$\frac{\partial U_i^*}{\partial a_2} = -q_{2i} \cdot \boldsymbol{\beta} \quad (12)$$

Pour une variation finie, on a :

$$\int \frac{\partial U_i^*}{\partial a_2} = \int_{a_2^{init}}^{a_2^{finale}} (-q_{2i} \cdot \boldsymbol{\beta}) da_2$$

Cette quantité peut être décomposée selon l'origine des déplacements considérés : déplacements induits des utilisateurs initiaux, déplacements des utilisateurs transférés et, si l'on souhaite considérer ce cas, personnes qui ne se déplaçaient pas.

Nous en fournissons l'expression pour deux situations : déplacements induits et déplacements transférés (une autre démonstration peut être trouvée dans la littérature, voir Delle Site et Salucci, 2018).

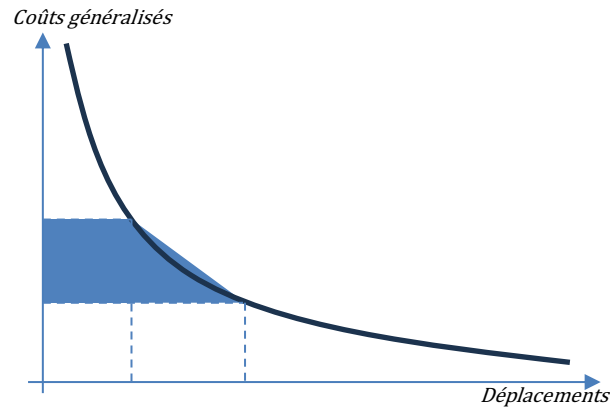
- **Déplacements induits**

Pour les usagers du mode 2 qui augmentent leurs déplacements, on aboutit à :

$$\Delta S_i^{ind} = (q_{2i}(a_2) + \phi_i)(q_{2i}(a'_2) - q_{2i}(a_2)) \cdot \boldsymbol{\beta}(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \quad (13)$$

Où $1 \geq \phi_i(\cdot) \geq 0$ reflète la courbure de la demande de fonction pour l'individu i , comme illustré sur la Figure 3. Cette figure représente deux situations où la quantité de déplacements correspond à deux hypothèses de coûts généralisés. Elle illustre le fait que des coûts généralisés plus élevés correspondent à des quantités moindres de déplacements. L'aire grisée représente la variation de surplus des usagers. Si $\phi_i(\cdot) = \frac{1}{2}$ cette aire est exactement quantifiée par la règle de la moitié.

Figure 3 : Le bénéfice des usagers et la demande



- Déplacements des usagers transférés

Pour les utilisateurs qui se transfèrent au mode 2, la variation de surplus peut s'écrire :

$$\Delta S_i = \psi_i \cdot q_{i1} \left(\frac{\beta \cdot (\alpha_2 - \alpha'_2)}{\lambda} \right) + \xi_i \cdot \Delta q_{i2} \left(\frac{\beta \cdot (\alpha_2 - \alpha'_2)}{\lambda} \right) \quad (14)$$

Le terme q_{i1} est le nombre de déplacements initiaux sur le mode 1 ; ce sont ces déplacements qui sont transférés. À ceux-ci peuvent s'ajouter des déplacements supplémentaires : lorsque le mode 2 s'améliore davantage que ce qui serait suffisant pour changer de mode, cela produit des déplacements supplémentaires pour les utilisateurs transférés. On pourra parler, bien que l'expression soit lourde, de déplacements induits des usagers transférés.

Une hypothèse fréquente est $\psi_i = 1/2$ tandis que ξ_i est négligé¹⁴. Ces hypothèses pourraient toutefois être révisées comme nous le précisons ci-dessous.

B.3.2. Effets indirects pour un usager

Le surplus des usagers ne couvre pas tous les effets ; s'y ajoutent des effets indirects, conséquences des choix du voyageur et de ses compagnons de voyage :

- les externalités, ∂E
- les transferts publics, ∂T
- les bénéfices ou profits, ∂B
- les coûts d'investissement des projets, K .

Une fois ces éléments pris en compte, la variation globale de W_i , l'utilité de l'individu i sera (eq. (9)) :

¹⁴ Pour pouvoir qualifier plus précisément ce point, il faut bien entendu prendre en compte le modèle de génération et de distribution utilisé.

$$\frac{\partial W_i}{\partial a_2} = \frac{\partial U_i}{\partial a_2} + \lambda \sigma_i \frac{\partial B}{\partial a_2} + \lambda \tau_i \frac{\partial T}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial Ext}{\partial a_2} - \lambda \kappa_i \cdot K \quad (9)$$

Cette formule aura des expressions différentes en fonction de la situation initiale des consommateurs.

1. Pour chaque individu restant sur le mode 1, il n'y a pas de variation de surplus des usagers. Les seuls effets sont donc :

$$\Delta W_i = \lambda \sigma_i \frac{\partial B}{\partial a_2} + \lambda \tau_i \frac{\partial T}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial Ext}{\partial a_2} - \lambda \kappa_i \cdot K \quad (15)$$

2. Pour un individu restant sur le mode 2, le changement de bien-être sera :

$$\Delta W_i = \phi_i(\cdot) (q_{i,2}(a_2) + q_{i,2}(a'_2)) \cdot \beta(a_2 - a'_2) + \lambda \sigma_i \frac{\partial B}{\partial a_2} + \lambda \tau_i \frac{\partial T}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial Ext}{\partial a_2} - \lambda \kappa_i \cdot K, \quad (16)$$

3. Pour un individu qui change de mode, la variation de bien-être sera :

$$\Delta W_i = \psi_i(\cdot) (q_i \beta(a_2 - a'_2)) + \xi_i(\cdot) (\Delta q_i \cdot \beta(a_2 - a'_2)) + \lambda \sigma_i \frac{\partial B}{\partial a_2} + \lambda \tau_i \frac{\partial T}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial Ext}{\partial a_2} - \lambda \kappa_i \cdot K. \quad (17)$$

B.3.3. Effets agrégés

Nous utilisons les expressions précédentes pour calculer, par agrégation, les bénéfices nets de l'ensemble de la population. Après division par λ pour exprimer ce montant en métrique monétaire, on obtient ΔS .

$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{1}{\lambda} \sum \Delta W_i \\ &= (Q_{22} + \Phi(\cdot) Q_{x2} + \psi(\cdot) Q_{12} + \Xi(\cdot) Q_{x2T}) \frac{1}{\lambda} \beta(a_2 - a'_2) + \sum (\sigma_i \frac{\partial B_i}{\partial a_2} + \tau_i \frac{\partial T_i}{\partial a_2} + \eta_i \frac{\partial E_i}{\partial a_2} - \kappa_i \cdot K) \end{aligned} \quad (18)$$

Cette expression substitue aux notations individuelles $\phi_i(\cdot)$, $\psi_i(\cdot)$, $\xi_i(\cdot)$ les notations agrégées $(\Phi(\cdot), \psi(\cdot), \Xi(\cdot))$ qui dépendent de la concavité de la courbe de demande totale. Nous ne ferons pas d'autres hypothèses que le fait qu'elles retournent une valeur comprise entre 0 et 1, et vraisemblablement proche de (mais pas nécessairement égale à) 0,5.

Avec :

- Q_{12} nombre de déplacements transférés sur le mode 2
- Q_{22} nombre de déplacements restant sur le mode 2
- Q_{xT2} déplacements induits des usagers transférés vers le mode 2
- Q_{x2} déplacements induits des usagers du mode 2.

Les derniers termes en (18) peuvent être simplifiés : $\sum (\tau_i \Delta T) = \Delta T$ et les mêmes simplifications peuvent s'appliquer à B, E et K. Après regroupement, on obtient :

$$\Delta S = (Q_{22} + \Phi(\cdot) Q_{x2} + \psi(\cdot) Q_{12} + \Xi(\cdot) Q_{x2T}) \frac{1}{\lambda} \beta \cdot (a_2 - a'_2) + \Delta T + \Delta B + \Delta E - \Delta K \quad (19)$$

On dispose ainsi d'une expression de la variation du bien-être collectif. Il est commode d'utiliser une expression explicite de ΔT et des autres termes. Par exemple, pour ΔT :

$$\Delta T = -Q_{12}(t_1 + t_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T})(t_2 + t_q) + (x' - x)t_x. \quad (20)$$

La contrainte de budget donne par ailleurs :

$$(x' - x)t_x = -\frac{1}{p_x} \left(-Q_{12}(p_1 + p_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T}) \cdot (p_2 + p_q) \right) t_x \quad (21)$$

donc ΔT s'écrit :

$$\begin{aligned} \Delta T &= -Q_{12}(t_1 + t_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T})(t_2 + t_q) \\ &- \frac{1}{p_x} \left(-Q_{12}(p_1 + p_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T}) \cdot (p_2 + p_q) \right) t_x \end{aligned} \quad (22)$$

En utilisant les mêmes expressions pour ΔE , ΔB , il vient :

$$\begin{aligned} \Delta S &= (Q_{22} + \Phi(\cdot)(Q_{x2}) + \Psi(\cdot)Q_{12} + \Xi(\cdot)Q_{x2T}) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \\ &+ (-Q_{12})(t_1 + t_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T})(t_2 + t_q) \\ &- \frac{1}{p_x} \left((-Q_{12})(p_1 + p_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T}) \cdot (p_2 + p_q) \right) t_x \\ &+ (-Q_{12})(b_1 + b_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T})(b_2 + b_q) \\ &- \frac{1}{p_x} \left((-Q_{12})(p_1 + p_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T}) \cdot (p_2 + p_q) \right) b_x \cdot \\ &+ (-Q_{12})(e_1 + e_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T})(e_2 + e_q) \\ &- \frac{1}{p_x} \left((-Q_{12})(p_1 + p_q) + (Q_{x2} + Q_{12} + Q_{x2T}) \cdot (p_2 + p_q) \right) e_x - K \end{aligned} \quad (23)$$

B.4. Catégorisation des bénéfices

On peut grouper ces termes de manière à faire apparaître des ensembles cohérents liés aux différents trafics (en ligne). On distingue également les effets observables sur le marché des transports et sur les autres marchés (en colonnes).

Tableau 2 : Catégorisation des bénéfécies

		Transport	Autres biens
Ne se déplacent pas initialement	Non considérés dans cette formulation		
Usagers initiaux	Déplacements initiaux mode 2	$Q_2 \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)$	
	Déplacements induits des usagers initiaux	$Q_{x2} \phi \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + Q_{x2} \left((t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) \right)$	$-Q_{x2} \frac{p_2 + p_q}{p_x} (t_x + b_x + e_x)$
Usagers transférés	Déplacements transférés	$Q_{12} \psi \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + Q_{12} [(t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)] \right)$	$Q_{12} \left(\frac{p_1 - p_2}{p_x} \right) (t_x + b_x + e_x)$
	Déplacements induits des usagers transférés	$Q_{x2T} \Xi \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + Q_{x2T} \left((t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_2 + e_q) \right) \right)$	$-Q_{x2T} \frac{p_2 + p_q}{p_x} (t_x + b_x + e_x)$
	Coût du projet	$-K$	

On peut aussi écrire :

$$\begin{aligned} \Delta S = & (Q_{22} + \phi(\cdot) Q_{x2}(\cdot) + \psi(\cdot) Q_{12}(\cdot) + \Xi(\cdot) Q_{x2T}(\cdot)) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \\ & + (Q_{x2} + Q_{x2T}) \left((t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_1 + e_q) \right) \\ & + Q_{12} \left((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \\ & + \left(Q_{12} \frac{p_1 - p_2}{p_x} - (Q_{x2} + Q_{x2T}) \frac{p_2 + p_q}{p_x} \right) (t_x + b_x + e_x) - K \end{aligned} \quad (24)$$

On remarque un résultat connu pour l'analyse en équilibre partiel : lorsque les distorsions sur les marchés des biens génériques x sont négligeables ou nulles, la mesure du bien-être effectuée sur les marchés 1, 2 et q fournit une mesure valide des avantages de l'ensemble des effets. Plus précisément, si $t_x + b_x + e_x = 0$, les effets sur le marché x, celui de la dernière colonne, s'annulent. Par conséquent, ΔS se simplifie dans une expression en équilibre partiel ΔS^{PE} :

$$\begin{aligned} \Delta S^{PE} = & (Q_{22} + \phi(\cdot) Q_{x2} + \psi(\cdot) Q_{12} + \Xi(\cdot) Q_{x2T}) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \\ & + (Q_{x2} + Q_{x2T}) \left((t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_1 + e_q) \right) \\ & + Q_{12} \left((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) - K \end{aligned} \quad (25)$$

Les formulations obtenues en équilibre général (24) et partiel (25) permettent de vérifier la possibilité des paradoxes identifiés.

Annexe C : Analyse des paradoxes

Dans cette section, nous examinons la possibilité de certains paradoxes.

C.1. Premier paradoxe : une valeur socio-économique négative pour une amélioration sans coût d'investissement

Une amélioration d'une infrastructure peut-elle détériorer le bien-être social ? Cela peut certainement être le cas dans une situation triviale : si le projet est trop coûteux. En dehors de ce cas, le paradoxe étudié peut également se produire en raison d'une externalité de congestion. C'est la situation analysée dans le paradoxe de Braess (1968). Ce résultat peut-il se produire dans d'autres cas, même sans externalité de congestion ?

Pour mieux répondre à cette question, nous considérons un projet sans coût ($K=0$) et sans congestion et nous examinons s'il peut avoir une valeur sociale négative : une possible explication réside dans les transferts, plus précisément des taxes et des profits. Nous étudions d'abord cette situation en équilibre partiel, puis nous discutons sa généralisation.

En partant de (25), et en réarrangeant les termes :

$$S^{PE} < 0 \Rightarrow \frac{Q_{12}((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1))}{<} < \left[Q_{12} \left(\Psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (e_2 - e_1) \right) + (Q_{22} + \Phi(\cdot) \cdot Q_{x2} + \Xi(\cdot) \cdot Q_{x2T}) \cdot \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right] + (Q_{x2} + Q_{x2T})((t_2 + t_q) + (b_2 + b_q) + (e_1 + e_q)) \quad (26)$$

Tous les termes entre les crochets à droite sont positifs. Lorsqu'ils sont multipliés par un signe négatif, le résultat obtenu est négatif. La condition pour que $S^{PE} < 0$ est donc que l'écart de taxation (et de profit) $(t_2 - t_1) + (b_2 - b_1)$ entre les deux modes soit suffisamment important pour surcompenser les autres effets et produire un résultat négatif.

Nous concluons sur le premier paradoxe : en équilibre partiel, il est possible qu'une amélioration (sans coût et sans congestion) produise une perte socio-économique. Ce résultat se généralise en considérant les effets sur les autres marchés : dans ce cas s'ajoutent des termes supplémentaires qui peuvent rendre plus ou moins restrictive l'inégalité $S^{GE} < 0$, mais n'en déterminent pas l'impossibilité.

C.2. Second paradoxe : un nombre plus important d'utilisateurs détériore le résultat

Un autre paradoxe provient de la comparaison entre plusieurs scénarios : l'analyste considère des scénarios de demande alternatifs ou effectue une analyse de sensibilité. Il observe qu'à un plus grand nombre d'utilisateurs correspond un résultat social net inférieur. Ce résultat est jugé paradoxal. Ce deuxième paradoxe est lié au précédent : un usager transféré peut avoir un effet socio-économique négatif. Dès lors, un nombre plus important d'utilisateurs transférés pourrait avoir un effet négatif.

Pour analyser ce paradoxe, il est utile de catégoriser les différentes causes possibles d'un nombre supérieur d'utilisateurs. Par souci d'exhaustivité, nous partons de situations qui présentent un intérêt limité pour la science des transports.

C.2.1. Deux cas triviaux

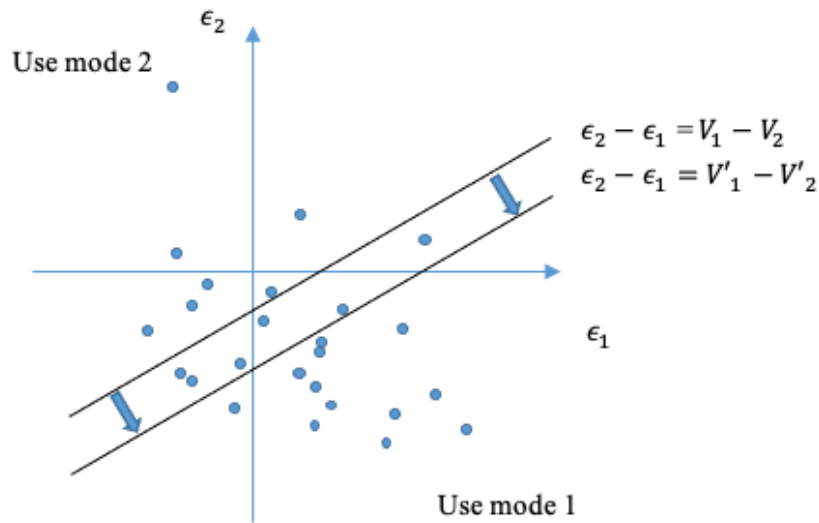
1. La population est plus importante par rapport à la situation de référence : dans ce cas, il est logique que les résultats du modèle soient amplifiés, mais cela est de peu d'intérêt pour l'évaluation du projet.
2. La croissance ou le PIB est plus important que dans la situation de référence. Ce cas est fréquent dans l'évaluation des projets. Logiquement, avec un PIB plus élevé, la quantité totale de déplacements est plus importante, tout comme le transfert modal. Si le bénéfice unitaire par utilisateur transféré est négatif, un plus grand nombre de voyages entraînera une plus grande perte socio-économique. Il convient de noter que l'analyse microéconomique de ce phénomène nécessite de relâcher les hypothèses quasi linéaires sur les préférences. Cette analyse dépasse le cadre du présent document.

C.2.2. Des cas plus pertinents

Outre les deux cas triviaux, on s'intéresse à des cas plus pertinents. Ceux-ci s'assimilent à des tests de sensibilité, souvent pratiqués dans la planification des transports, où l'on examine l'effet sur la VAN d'hypothèses alternatives : que se passe-t-il s'il y a plus d'utilisateurs intéressés pour se transférer ou si le gain est supérieur à celui initialement considéré ou, enfin, s'ils sont plus sensibles aux gains fournis par le projet ? Ces cas gagnent à être représentés graphiquement. La Figure 4 illustre mieux le rôle des termes ϵ_{i1} et ϵ_{i2} dans ce mécanisme.

Sur ce graphique, chaque individu est représenté par un point, localisé en fonction des valeurs des termes ϵ_{i1} et ϵ_{i2} . Une droite représente la situation d'indifférence : l'ensemble des couples $(\epsilon_{i1} ; \epsilon_{i2})$ pour lesquels il y a indifférence entre les modes $V_1 + \epsilon_1 = V_2 + \epsilon_2$, donc : $\epsilon_2 - \epsilon_1 = V_1 - V_2$. Cette droite sépare les utilisateurs des modes 1 et 2. Lorsque le mode 2 s'améliore, cette droite se déplace, comme illustré sur la Figure 4.

Figure 4 : Répartition modale dans la situation avec et sans projet (demande linéaire)



Source : notre élaboration.

En utilisant cette représentation, on peut comprendre ce qu'il advient dans différentes situations d'intérêt, où l'analyste suppose un nombre plus important d'utilisateurs par rapport à une situation de référence.

3. Il y a plus de voyageurs concernés par le transfert modal.

Dans le test de sensibilité considéré, un plus grand nombre d'utilisateurs se trouve dans la zone couverte par le glissement de la courbe d'indifférence par rapport à la situation de référence. Par conséquent, moins d'utilisateurs restent sur leur mode initial. Cette majeure densité d'utilisateurs dans la zone balayée par le glissement de la courbe d'indifférence a un double effet.

(i) Augmentation du nombre d'utilisateurs transférés ; le bénéfice socio-économique de chaque individu transféré est :

$$((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)) + \psi \left(\frac{1}{\lambda} \beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) \quad (27)$$

L'augmentation des utilisateurs peut réduire le bien-être social, lorsque :

$$((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)) < -\psi \left(\frac{1}{\lambda} \beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) \quad (28)$$

Ou en considérant aussi les effets sur le marché pour le bien x :

$$((t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1)) < -\psi \left(\frac{1}{\lambda} \beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \right) - \frac{p_1 - p_2}{p_x} (t_x + b_x + e_x) \quad (29)$$

Une situation typique qui pourra expliquer cette configuration sera celle de sur-intériorisation sur le mode d'origine $t_1 + b_1 \gg e_1$.

(ii) Il y aura aussi, par définition, pour une population donnée, un plus petit nombre d'utilisateurs restant sur leur mode : Q_{11}, Q_{22} . Graphiquement, il y aura une moindre densité de points sur les aires du graphique (Figure 4) qui ne sont pas couvertes par le glissement de la droite d'indifférence. S'il y a moins d'usagers Q_{11} , cela est sans influence. S'il y a moins d'usagers Q_{22} , cela réduira les bénéfices du projet.

Ainsi, si l'on combine les deux effets aux points (i) et (ii), il est possible qu'une concentration majeure des individus dans l'espace des préférences balayé par le projet implique de moindres bénéfices.

4. Le projet améliore le mode plus que ce qui est considéré dans le benchmark. Cela se produit, par exemple, lorsque l'analyste veut comparer deux variantes d'un projet.

Cette situation correspond à un glissement plus important de la ligne représentant l'indifférence entre les deux modes sur la Figure 4. La variation de surplus liée aux usagers transférés est ΔSP_{12}^{PE} (ou l'on explicite le fait que Q_{12} dépend de β et $(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)$).

$$\Delta SP_{12}^{PE} = Q_{12}(\beta; \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2, \dots) \left(\psi \left(\frac{1}{\lambda} (\beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \right) \quad (30)$$

Ou, en équilibre général :

$$\Delta SP_{12}^{GE} = Q_{12}(\beta; \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) \left(\psi \left(\frac{1}{\lambda} (\beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \right) + Q_{12} \left(\frac{(p_1 - p_2)}{p_x} (t_x + b_x + e_x) \right) \quad (31)$$

$\beta \mathbf{a}$ est un coût. Si $\beta < 0$, \mathbf{a} est un avantage. Nous nous plaçons dans ce cas.

Nous devons calculer $\left(\frac{\partial \Delta SP_{12}^{PE}}{\partial \mathbf{a}'_2} \right)$:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta SP_{12}^{PE}}{\partial \mathbf{a}'_2} &= \frac{\partial Q_{12}(\beta; \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2, \dots) \left(\psi \left(\frac{1}{\lambda} (\beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \right)}{\partial \mathbf{a}'_2} \quad (32) \\ &= \frac{\partial Q_{12}(\cdot)}{\partial \mathbf{a}'_2} \cdot \left(\psi \left(\frac{1}{\lambda} (\beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \right) \\ &\quad + Q_{12}(\cdot) \frac{\partial \psi(\cdot)}{\partial \mathbf{a}'_2} \left(\frac{1}{\lambda} (\beta (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \\ &\quad + Q_{12}(\cdot) \psi \left(\frac{1}{\lambda} (-\beta) \right) \end{aligned}$$

Si β est négatif, le dernier terme correspond à une amélioration du bien-être collectif. Il est inusuel de considérer le second terme (effet du projet sur la courbure de la fonction de demande) et celui-ci est de signe indéterminé. Le premier terme est plus usuel, il est également de signe indéterminé. Cela implique qu'une amélioration plus importante d'un attribut du projet peut améliorer ou détériorer le bénéfice net du projet.

Notons que dans ce calcul, d'autres composantes du bien-être social, relatives à Q_{2x}, Q_{22} , changent également. Comme le signe de ces changements ne peut être défini *a priori*, nous concluons qu'un test de sensibilité fondé sur une hypothèse d'amélioration des attributs plus importante n'améliore pas nécessairement le bien-être social.

5. Dernier cas, les utilisateurs sont plus sensibles à l'amélioration par rapport à ce qui est considéré dans le calcul de référence.

Ce cas peut être traité de manière similaire au précédent. Pour $\beta < 0$ et \mathbf{a} , bénéfique, il correspond à une valeur « plus négative » de β , donc $\beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)$ sera plus grand (« plus positif ») que dans le projet de référence. Pour obtenir l'effet d'une sensibilité plus grande, il faut donc considérer $-\frac{\partial \Delta SP_{12}^{PE}}{\partial \beta_k}$.

$$\begin{aligned}
 -\frac{\partial \Delta SP_{12}^{PE}}{\partial \beta_k} &= -\frac{\partial Q_{12}(\beta; \mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2, \dots) \cdot \left(\psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right)}{\partial \beta_k} & (33) \\
 &= -\frac{\partial Q_{12}(\cdot)}{\partial \beta_k} \cdot \left(\psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \\
 &\quad - Q_{12}(\cdot) \frac{\partial \psi(\cdot)}{\partial \beta_k} \cdot \left(\frac{1}{\lambda} \beta(\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2) + (t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \right) \\
 &\quad - Q_{12}(\cdot) \psi(\cdot) \frac{1}{\lambda} (\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}'_2)
 \end{aligned}$$

La même conclusion s'applique : lorsque l'on suppose une plus grande sensibilité des utilisateurs à l'amélioration du projet, il n'y a aucune certitude quant au signe de l'effet sur le bien-être socio-économique.

En conclusion sur le second paradoxe, deux résultats peuvent donc être formulés.

1. Un plus grand nombre d'utilisateurs transférés peut correspondre à une augmentation ou à une diminution du bien-être social, selon les caractéristiques du projet, et surtout selon le signe et le poids des différents paramètres impliqués. Dans un modèle cohérent, il est possible qu'un plus grand nombre d'utilisateurs corresponde à une diminution du bien-être.

2. Ce résultat se produit principalement du fait des distorsions $t_1 + b_1 + e_1$ et leurs différences entre les deux modes :

$$(t_2 - t_1) + (b_2 - b_1) + (e_2 - e_1) \tag{34}$$

On notera que l'ensemble de ces résultats est obtenu dans un cadre simplifié ; on ignore en effet la variation des revenus du travail (salaires distribués). Des simulations numériques réalisées par ailleurs indiquent la subsistance du paradoxe dans ce cas également, mais d'une manière plus complexe. Ce point pourra faire l'objet d'autres écrits.