



**HAL**  
open science

**Conditions et pertinence du financement des infrastructures autoroutières au niveau régional - les mécanismes de financement des projets et les variables clés de la rentabilité des investissements. Premier rapport d'étape**

Bruno Faivre d'Arcier, Alain Bonnafous, Grégoire Marlot, Pierre-Yves Péguy

► **To cite this version:**

Bruno Faivre d'Arcier, Alain Bonnafous, Grégoire Marlot, Pierre-Yves Péguy. Conditions et pertinence du financement des infrastructures autoroutières au niveau régional - les mécanismes de financement des projets et les variables clés de la rentabilité des investissements. Premier rapport d'étape. 2001. halshs-00115616

**HAL Id: halshs-00115616**

**<https://shs.hal.science/halshs-00115616>**

Submitted on 22 Nov 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# **Conditions et pertinence du financement des infrastructures autoroutières au niveau régional**

*Les mécanismes de financement des projets  
et les variables clés de la rentabilité des investissements*

---

Rapport d'étape  
pour le compte de la Direction des Transports et des Communications  
au Conseil Régional Rhône-Alpes

**Sous la direction de B. Faivre d'Arcier**  
**A. Bonnafous, G. Marlot, P.Y. Péguy**  
Laboratoire d'Economie des Transports

**Décembre 2001**

## Sommaire

Avant-propos .....	1
1. La mesure de la rentabilité d'un investissement de transport .....	2
1.1 <i>Le cas d'un investissement privé</i> .....	2
1.2 <i>La rentabilité d'un investissement public</i> .....	7
1.3 <i>Les conditions pratiques de réalisation du calcul de rentabilité</i> .....	17
2. Les indicateurs clés de la rentabilité d'un projet de transport .....	22
2.1 <i>Une analyse de la sensibilité incontournable</i> .....	22
2.2 <i>La question centrale de l'incertitude</i> .....	28
2.3 <i>Besoins de financement public dans le partenariat public/privé</i> .....	33
2.4 <i>Développer une ingénierie financière ?</i> .....	46
Conclusion.....	50
Annexes.....	52

## Avant-propos

Ce rapport correspond à la première étape d'une étude réalisée pour la Direction des Transports et des Communications de la région Rhône-Alpes, portant sur la rentabilité des infrastructures de transport. Cette étude s'inscrit dans un contexte marqué par la mise en œuvre de la régionalisation ferroviaire, mais également par la sollicitation de cette collectivité territoriale à participer au financement d'infrastructures routières, notamment les futures autoroutes concédées.

L'objectif principal est de définir des indicateurs permettant à la Région d'apprécier l'utilité de son intervention financière, notamment sur des infrastructures qui ne relèvent pas des compétences que la décentralisation lui a conférées. La région souhaite ainsi ne pas rester cantonnée à un rôle simple de contributeur financier, mais s'assurer que sa participation s'inscrit bien dans le cadre plus général de la politique qu'elle mène, notamment en termes d'aménagement durable du territoire.

Dans cette première phase de l'étude, l'accent est mis sur deux points particuliers.

La première partie constitue une synthèse méthodologique sur la mesure de l'utilité d'un investissement de transport au moyen du calcul économique public (l'Analyse Coûts/Avantages), méthode à nouveau recommandée par le Ministère des Transports depuis les travaux du Commissariat Général du Plan (rapport Boiteux) dans les années 90. Outre un rappel des fondements théoriques de cette démarche d'évaluation, deux éléments plus précis sont abordés. Le premier concerne la question des multiples rentabilités dans le cadre d'un partenariat associant plusieurs financeurs, publics et privés. Le second porte sur les conditions pratiques de conduite du calcul de rentabilité.

La seconde partie aborde les conditions de pertinence des résultats d'une telle évaluation, en soulignant les difficultés du calcul pratique. D'un côté, la nécessité d'introduire de nombreuses hypothèses impose une prise en compte claire du risque (calcul d'erreur) et de l'incertitude (les futurs possibles). De l'autre, les nouvelles règles de concession remettant en cause le principe de l'adossement induisent un montage financier plus complexe qui conduit à un besoin accru de financement public. L'amélioration de la faisabilité financière de ces investissements peut notamment passer par une meilleure articulation des différents moyens d'action (investissement, exploitation, réglementation, tarification).

Ce premier rapport a donc un objectif principalement pédagogique, afin d'aider la région à mieux comprendre l'origine, la pertinence et les justifications de la contribution financière qui peut lui être demandée, dans un contexte où cette collectivité territoriale doit en même temps gérer au mieux l'offre ferroviaire régionale.

# 1. La mesure de la rentabilité d'un investissement de transport

Le terme de rentabilité exprime la capacité d'un investissement à dégager, pour un agent économique donné, une variation positive de sa satisfaction. La mesure de la rentabilité dépend donc avant tout de la fonction d'utilité exprimant sa satisfaction. Dans un premier temps, l'analyse portera sur le cas de la firme, afin de préciser les fondements du calcul et de décrire les principaux indicateurs pertinents de mesure. Dans un second temps, le propos sera élargi au calcul économique public, qui vise plus généralement à observer et à qualifier les changements d'état d'un système, provoqués par un investissement. Ce sera l'occasion de montrer que la variation de satisfaction globale résulte de la variation de chacun des agents profitant ou subissant les effets résultant de cet investissement.

## 1.1 Le cas d'un investissement privé

Pour une firme, la décision de réalisation d'un investissement découle de l'importance du profit que cet investissement va dégager. La mise en relation de la dépense d'investissement (I ou mise de fonds initiale) et du profit brut (= recettes supplémentaires  $\Delta R$  – dépenses supplémentaires  $\Delta C$ ) permet de calculer un bénéfice net qui doit être positif pour que l'investissement soit rentable, soit :

$$\text{Bénéfice net} = \text{Bénéfice brut} - \text{Investissement}$$

$$\text{Ou : } B_n = - I + (\Delta R - \Delta C) > 0$$

Cependant, l'investissement peut être important et sa réalisation s'étaler sur plusieurs années (p années). L'équipement ainsi mis en place aura lui-même une certaine durée de vie (n années) au delà de laquelle soit son usure le rendra inopérant, soit il sera obsolète et devra être remplacé par un équipement plus au fait des avancées technologiques.

Dès lors, le calcul de la rentabilité doit prendre en compte la dimension temporelle et comparer sur une période de temps donnée l'ensemble des dépenses d'investissement, les recettes et les coûts. Cette comparaison intertemporelle nécessite une pondération des flux annuels.

## L'actualisation

Ce mécanisme introduit dans le calcul le rythme temporel des flux monétaires. Il n'est en effet pas équivalent de disposer de ressources tout de suite ou dans un délai de plusieurs années. Il importe donc de mesurer la perte de valeur d'une somme d'argent qui ne serait disponible que dans un certain laps de temps.

On définit ainsi la notion de **Valeur Actuelle** d'une somme d'argent par le biais de la formule suivante :

$$Va = \frac{V_n}{(1+a)^n}$$

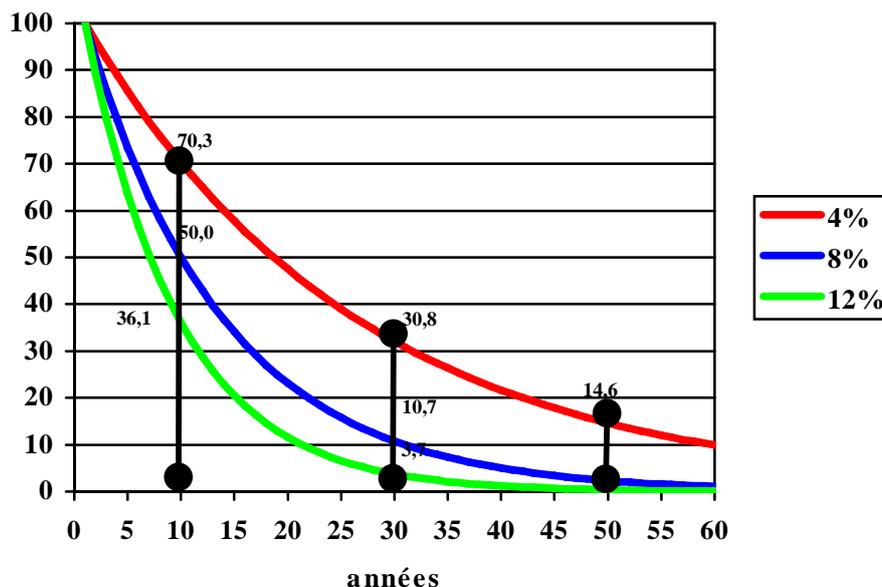
La valeur actuelle Va d'une somme Vn disponible dans n années est pondérée par le facteur  $(1+a)^n$ , dans lequel a est appelée **taux d'actualisation**. Comme le montre cette formule, lorsque a est positif, la valeur actuelle est inférieure à la valeur nominale, ce qui exprime que la période de temps nécessaire pour obtenir cette somme vient en pénaliser la valeur.

Ainsi le taux d'actualisation est l'expression d'une **préférence pour le présent**. Le taux d'actualisation est exprimé en pourcentage : plus a est grand, plus le fait d'attendre vient

pénaliser la valeur de la somme d'argent. Ceci induit de fait une préférence pour le court terme, comme le montre le graphique suivant.

Il faut cependant éviter ici deux interprétations erronées du taux d'actualisation :

- Ce taux n'a rien à voir avec l'inflation, processus d'augmentation des prix : le raisonnement économique se fait en général en euros constants.
- Ce taux n'a rien à voir, dans ses fondements, avec le taux d'intérêt bancaire, qui exprime le coût de l'argent. Cependant, comme on le verra plus loin, un lien peut être établi entre ce coût de l'argent et la fixation du taux d'actualisation d'un agent.



**Graphique 1 : Impact du taux d'actualisation sur la valeur actuelle d'une somme d'argent**

La courbe supérieure correspond au taux d'actualisation de 4% et montre comment la disponibilité d'une somme de 100 € est dévalorisée plus elle est tardive. Par exemple, au bout de 10 ans, cette somme ne vaut plus que 70,3 €, et au bout de 30 ans, seulement 30,8 €.

Plus le taux d'actualisation est fort, plus l'effet du temps vient réduire la valeur d'une somme d'argent. Ainsi la courbe inférieure correspond à un taux d'actualisation de 12%, qui montre que 100 € disponibles dans 10 ans ne valent aujourd'hui que 36,1 €, et dans 30 ans, seulement 3,7 €.

On voit ainsi clairement que plus le taux d'actualisation est élevé, plus l'on raisonne à court terme, puisque les sommes disponibles dans de nombreuses années ont quasiment perdu toute leur valeur.

Le taux d'actualisation dépend donc avant tout de l'agent concerné (sa préférence entre le présent et le futur). Il est a priori variable selon le nombre d'années, mais en pratique il est considéré comme constant. La mesure de ce taux résulte de l'observation du comportement de l'agent. En pratique, ce taux peut être approché de la façon suivante :

- Une part du taux résulte des alternatives possibles dans l'utilisation de la somme d'argent consacrée à l'investissement : on peut ainsi comparer un investissement productif industriel avec un placement financier : le taux d'intérêt attendu devient une fourchette basse du taux d'actualisation
- Une autre part peut être considérée comme une prime de risque : en effet, sur une période longue, les flux de recettes et de dépenses résultant de l'investissement sont soumis à une incertitude d'autant plus grande que l'on regarde loin dans le temps. C'est le cas des recettes, qui dépendent des parts de marché escomptées : l'évolution de la conjoncture et les réactions

de la concurrence rendent les prévisions de vente à long terme très incertaines. C'est également le cas des coûts de production, soumis aux aléas du prix des différents facteurs.

Dès lors, plus le taux d'actualisation est élevé, plus l'on se fixe une référence de forte rentabilité, et plus l'on raisonne à court terme, sur des projections plus fiables. Un taux élevé exprime en même temps une certaine aversion au risque.

## La Valeur Actuelle Nette (VAN)

Dès lors que la dimension temporelle est prise en compte dans le bilan d'une opération d'investissement, il faut produire un échéancier des recettes et des dépenses tout au long de la durée sur laquelle on établit ce bilan. Le bénéfice net ainsi attendu s'exprime par la Valeur Actuelle Nette (VAN) de l'investissement, sous la forme :

$$VAN = \sum_{j=t_p-t_r}^{j=t_n-t_r} \left( \frac{-\Delta I_{j+t_r} + \Delta R_{j+t_r} - \Delta C_{j+t_r}}{(1+a)^j} \right) + \frac{K_{t_n}}{(1+a)^{n-t_r}}$$

Où :

- $\Delta I_j$  est la variation du flux d'investissement à l'année  $j$
- $\Delta R_j$  et  $\Delta C_j$  sont respectivement les variations des flux de recettes et de dépenses à l'année  $j$
- $t_r$  est l'année d'actualisation, qui peut être soit une année conventionnelle de référence, soit lorsque l'on étudie un seul projet, l'année précédant la mise en service ( $t_r = t_0$ ) ; dans ce cas  $t_1$  est la première année d'exploitation;  $t_p$  est la date de début des travaux (dont la durée va de  $t_p$  à  $t_0$  inclus, soit  $p+1$  années nécessaires pour réaliser l'investissement) ;  $t_n$  est la date de fin de vie (soit  $n$  la durée de vie) : en général la durée de vie technique de l'équipement, mais parfois une durée conventionnelle, surtout si la durée de vie technique est très longue – comme pour des infrastructures).
- $K_{t_n-t_r}$  est la Valeur Résiduelle du Capital à l'année  $n$ , c'est-à-dire la valeur que conserve l'investissement à la fin de sa durée de vie. Par exemple, une machine – ou un matériel roulant – peut être revendue au-delà de la durée de vie de référence. Lorsqu'un tel prix de marché ne peut être établi, cette valeur est appréciée par un amortissement linéaire ou progressif (valeur résiduelle à l'année  $n$ , par apport à une durée de vie technique réelle supérieure à la date de vente du bien).
- $a$  est le taux d'actualisation de l'agent qui prend la décision d'investir.

On opère ainsi une somme actualisée de l'ensemble des flux monétaires, qui permet d'établir un bilan net. **Si la VAN est positive**, c'est que la somme actualisée des bénéfices bruts (recettes moins coûts) est supérieure à la somme actualisée des investissements consentis. Dès lors, l'agent gagne de l'argent à faire l'investissement : il est **rentable**.

On peut calculer également un indicateur du même type, à savoir la Valeur Actuelle Brute par euros investi, qui se définit comme le rapport entre la somme actualisée des bénéfices bruts annuels et la somme actualisée de l'investissement :

$$VAB / I = \frac{\sum_{j=t_p-t_r}^{j=t_n-t_r} \left( \frac{\Delta R_{j+t_r} - \Delta C_{j+t_r}}{(1+a)^j} \right) + \frac{K_{t_n}}{(1+a)^{n-t_r}}}{\sum_{j=t_p-t_r}^{j=t_n-t_r} \left( \frac{\Delta I_{j+t_r}}{(1+a)^j} \right)}$$

Cet indicateur, appelé aussi **profitabilité**, est souvent utilisé dans les milieux anglo-saxons, sous le terme de « *benefit/cost ratio* ». S'il est supérieur à 1, le projet est rentable, puisqu'il dégage un bénéfice brut actualisé supérieur au montant de l'investissement actualisé consenti.

## Le Taux de Rentabilité Interne (TRI)

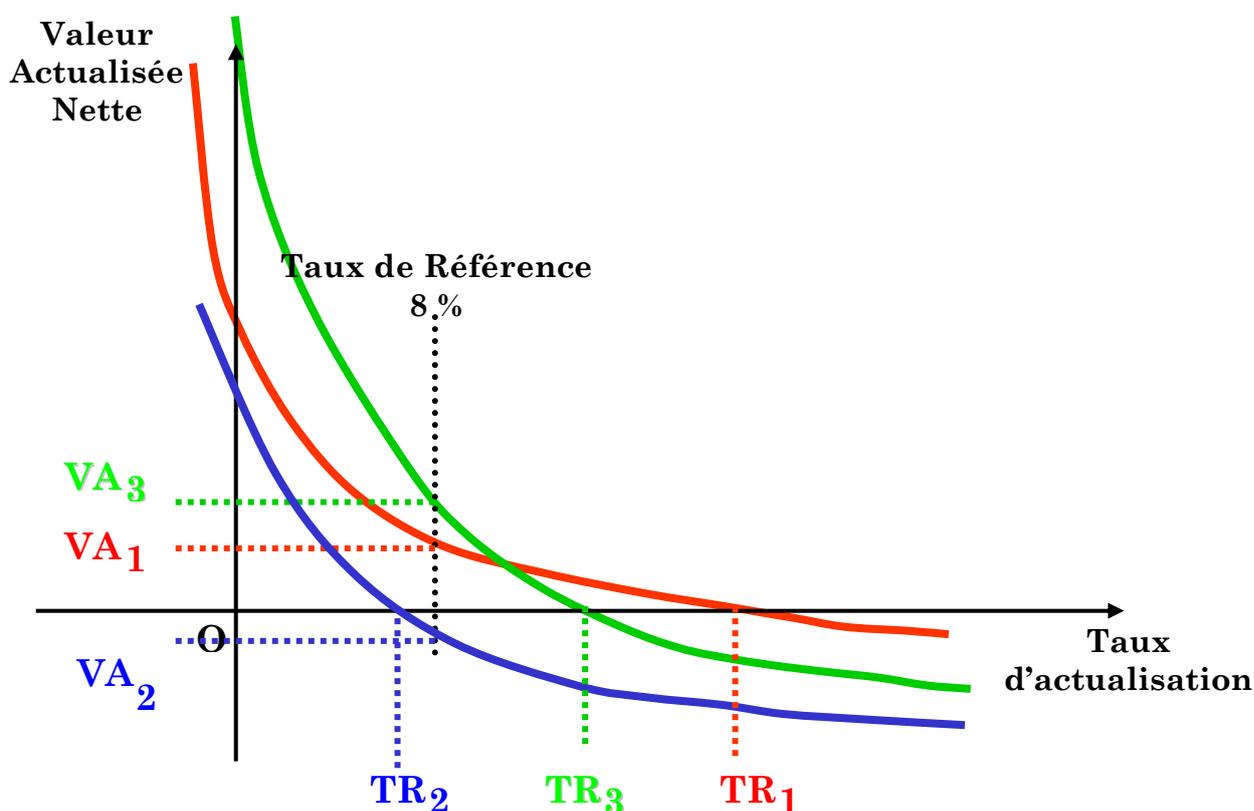
Pour le calcul de la VAN, il faut être capable de construire l'échéancier complet des flux de recettes et de dépenses. En général, le coût de l'investissement peut être estimé avec une bonne précision, même si des aléas techniques ou décisionnels peuvent survenir et l'augmenter dans des proportions parfois non négligeables : en prenant une marge pour aléas suffisantes, on peut couvrir ce risque sans problèmes. Les coûts de production sont censés être bien connus par la firme, puisqu'il s'agit du cœur de son activité, et là encore on peut anticiper sur des variations du prix des facteurs. Les recettes, liées aux ventes, sont souvent plus difficiles à estimer, mais une bonne connaissance du marché peut laisser espérer une prévision correcte.

Dès lors, dans la formule de calcul de la VAN, le seul facteur difficile à apprécier est le taux d'actualisation  $a$ , qui peut être considéré comme une variable. Pour un projet donné (investissement, recettes et dépenses connues), il peut exister **une valeur de  $a$  telle que la VAN devienne nulle**. Cette valeur de  $a$  est appelée Taux de Rentabilité Interne (TRI).

L'intérêt du TRI est qu'il ne dépend que des caractéristiques propres du projet, et pas de la préférence de l'agent pour le présent ou le futur. C'est en ce sens que cet indicateur est une mesure de la capacité intrinsèque d'un investissement à dégager du bénéfice.

Signalons toutefois que l'on ne peut pas toujours calculer un TRI (il n'existe pas forcément une valeur de  $a$  capable d'annuler la VAN), mais que dans d'autres cas, on peut trouver plusieurs TRI (cela dépend de l'évolution des flux de recettes et de dépenses). C'est la raison pour laquelle il est parfois plus facile de calculer la VAN, dès lors que l'on se donne un taux d'actualisation représentatif de la préférence de l'agent concerné.

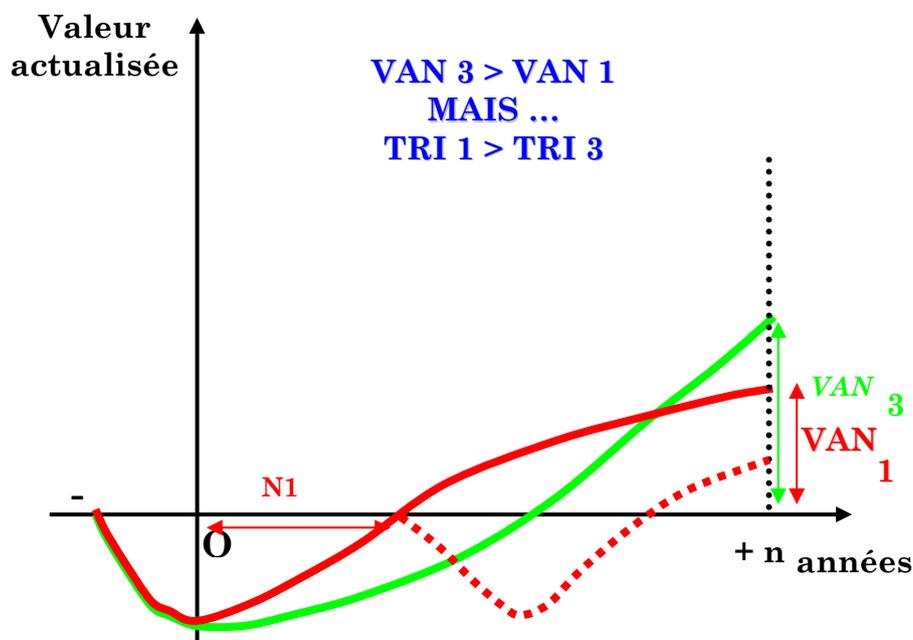
Il existe bien sûr une relation étroite entre le TRI et la VAN, comme le montre le graphique suivant :



## Graphique 2 : Evolution comparée de la VAN et du TRI

Dans le graphique ci-dessus, on fait varier la VAN de trois projets différents en fonction du taux d'actualisation. Il est clair que la fonction est décroissante (a est au dénominateur). Trois remarques peuvent être faites :

- pour un taux d'actualisation donné (taux de référence), on peut calculer, par exemple pour le projet 1, sa VAN. On vérifie par ailleurs que le point où la courbe coupe l'axe des x, est le TRI du projet (VAN nulle). Ceci montre que dans le cas d'un projet rentable (VAN positive au taux de référence), la valeur de son TRI est supérieure au taux de référence choisi. Ainsi **un projet est rentable si son TRI est plus élevé que le taux d'actualisation**.
- on vérifie également (cas du projet 2) que l'investissement est non rentable (VAN 2 négative au taux de référence) lorsque son TRI est inférieur au taux d'actualisation de référence
- enfin, la pente des courbes dépend des caractéristiques des projets (et notamment de l'importance des bénéfices bruts annuels dégagés. Ainsi, si le projet 3 est également rentable, on peut constater que sa VAN est supérieure à celle du projet 1, mais que son TRI est inférieur. Cela pose le problème de savoir quel est le projet le plus intéressant entre les deux. Répondre à cette question suppose d'interpréter correctement la signification des deux indicateurs, comme l'illustre le graphique suivant :



## Graphique 3 : signification des indicateurs de rentabilité

Si l'on construit pour nos deux projets (supposés avoir ici le même coûts d'investissement et la même durée de travaux) comment évolue la VAN en fonction du nombre d'années (durée de vie), on peut voir que dans le cas du projet 1, la VAN est forte, mais que sa croissance est plus lente que pour le projet 1. Le fait d'avoir la VAN la plus élevée indique que le profit actualisé dégagé sur les n années de durée de vie est supérieur : en première analyse la firme pourrait être tentée de choisir ce projet puisqu'il offre le gain le plus fort.

Cependant, on peut observer également que la **durée de retour sur investissement**, définie comme le nombre d'années nécessaire pour récupérer la mise de fonds initiale (point où la courbe coupe l'axe des x) est plus longue dans le projet 3 que dans le projet 1. Ce point est capital, car il signifie que la somme investie est récupérée plus tôt : elle devient donc à nouveau disponible pour réinvestir dans un autre projet (ce qui est illustré par la courbe en pointillé). Dès lors, le bénéfice total (projet 1 + nouveau projet) peut devenir supérieur au bénéfice du projet 3.

Sur un plan financier, il est clair que la rapidité de récupération des sommes investies est un point important pour maximiser son bénéfice. Or, cette rapidité, ou intensité à produire du bénéfice, est exprimée par le TRI, qui sera d'autant plus fort que le bénéfice brut annuel dégagé les premières années est important. Cela est cohérent avec l'idée qu'un TRI élevé correspond à une préférence plus forte pour le présent, ou encore que l'on fait un raisonnement à très court terme (les bénéfices lointains sont d'autant plus dévalorisés).

Ainsi, un opérateur privé aura tendance à **choisir le projet ayant le plus fort TRI**, parce que c'est celui qui minimise la durée de retour sur investissement. L'autre intérêt de cette approche est qu'en privilégiant un TRI fort (le court terme), on est conduit à minimiser les effets de l'incertitude sur le futur (bénéfices –ou pertes – lointains fortement dévalorisés), et donc à minimiser les risques pris au moment de la décision d'investir.

En conclusion :

- un investisseur choisit, parmi plusieurs projets d'investissement, celui qui offre le taux de Rentabilité Interne le plus élevé
- mais un projet n'est rentable que si ce TRI est supérieur au taux de référence que s'est fixé cet opérateur
- Ce taux de référence comprend en pratique deux parties : la première est calée sur le taux d'intérêt qu'il retirerait d'un investissement alternatif du type placement financier ; la seconde est le moyen de se prévenir de risques liées aux incertitudes du futur (rentabilité à court terme)

## ***1.2 La rentabilité d'un investissement public***

La notion de « public » renvoie ici à l'idée d'une action de la puissance publique, agent neutre ne disposant pas d'une fonction d'utilité propre. Son intervention résulte de la défaillance de l'initiative privée, notamment dans le domaine des biens collectifs, qui présentent deux caractéristiques essentielles :

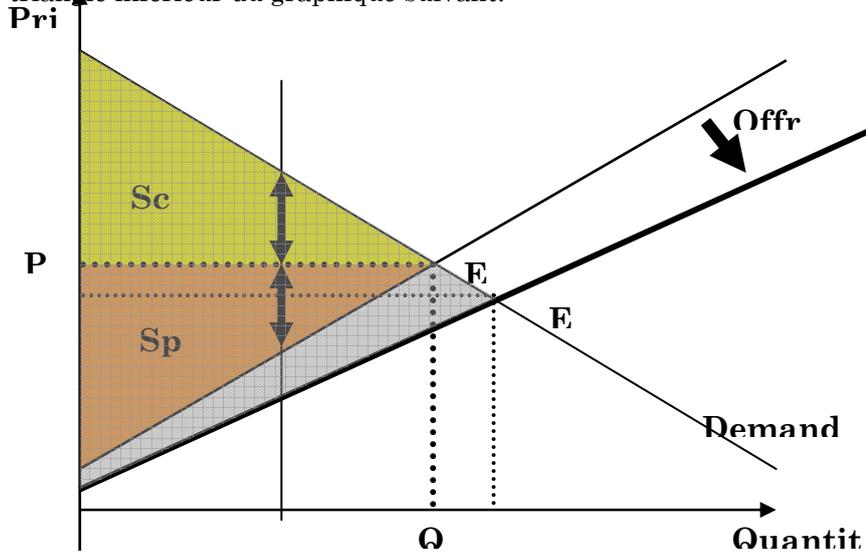
- d'une part ces biens sont fortement générateurs d'externalités, c'est-à-dire d'effets qui en étant externes au marché, ne donnent pas lieu à l'établissement d'un prix (absence d'une transaction lors de l'échange). Ils introduisent dès lors une défaillance dans l'allocation des ressources, que ces effets soient positifs ou négatifs pour les agents concernés.
- d'autre part, ces biens se caractérisent le plus souvent par une indivisibilité forte (de production et/ou d'usage) ; ceci conduit en général à l'existence de rendements croissants pour lesquels le coût marginal reste inférieur au coût moyen et induit un déficit, source de défaillance de l'initiative privée. C'est le cas de la majorité des infrastructures de transport qui génèrent des investissements très coûteux.

L'intervention de la puissance publique vise alors à rechercher l'augmentation de la satisfaction collective, c'est-à-dire une transformation de l'état du système analysé, d'une situation initiale donnée vers une situation dite « meilleure ». La mesure de la rentabilité découle donc de l'appréciation de cette variation positive de l'état du système.

## **Les fondements théoriques du calcul économique public**

La mesure de la transformation d'état d'un système s'appuie sur la **théorie des surplus**, initiée par J. Dupuit et généralisée par M. Allais. Lors de l'échange sur un marché de concurrence pure et parfaite, le prix d'équilibre  $P_e$  génère, relativement aux courbes d'offre et de demande, des avantages supplémentaires : pour le consommateur, il résulte, pour une quantité échangée  $Q$ , de la différence entre ce prix et le consentement à payer correspondant à cette même quantité : en payant moins cher que ce qu'il était prêt à payer, le consommateur bénéficie d'un avantage appelé

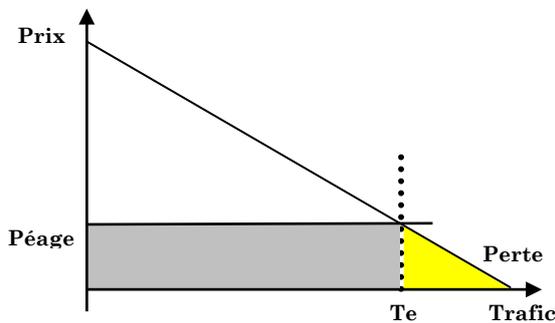
« surplus du consommateur », dont la totalité correspond au triangle supérieur. De même, les producteurs produisant cette quantité  $Q$  sont capables de le faire à un prix optimal inférieur au prix d'équilibre : ils dégagent de la même façon un « surplus du producteur » dont la totalité constitue le triangle inférieur du graphique suivant.



**Graphique 4 : la mesure de la variation de surplus total**

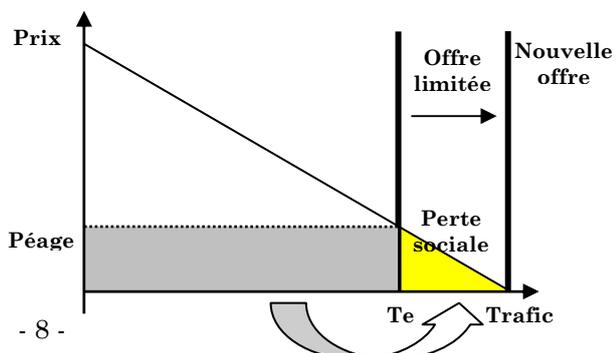
Une transformation positive de l'état de ce marché passe par exemple par une meilleure efficacité de la production, qui induit un abaissement de la courbe d'offre, soit un déplacement de l'équilibre du marché vers le point  $E'$ . Le graphique montre clairement dans ce cas un accroissement de la variation du surplus des consommateurs (triangle supérieur) et une variation du surplus des producteurs (triangles inférieurs), qui peut être soit positive, soit négative, selon la pente des courbes d'offre et de demande. Mais globalement, le surplus total (= surplus des consommateurs + surplus des producteurs) est supérieur.

C'est cette approche qui a conduit historiquement J. Dupuit à prôner la gratuité des routes et ouvrages d'art, dans la mesure où les propriétaires privés de ces infrastructures, en prélevant un péage de type rente, ne permettaient pas de maximiser le surplus total, pénalisaient donc les échanges commerciaux, et généraient une perte sociale. Cependant, le contexte de l'époque se caractérisait par des flux de transport limités, qui n'induisaient pas de phénomènes de congestion, ou de saturation des infrastructures. A notre époque, ces limites de capacité doivent être prises en compte, et cette approche fut à la base du mécanisme de financement du programme autoroutier français.



**La situation de J. Dupuit :**  
 La demande est limitée par le péage, qui génère une rente pour le propriétaire, et une perte sociale (demande non satisfaite)  
 La suppression du péage (route gratuite) permet de satisfaire toute la demande de déplacement.

**Le programme autoroutier français**  
 La demande est limitée par la capacité des infrastructures. La mise en place d'un péage économique pur adapte son niveau à la capacité  
 Le produit de ce péage sert à augmenter la capacité pour satisfaire à terme toute la demande de déplacement.



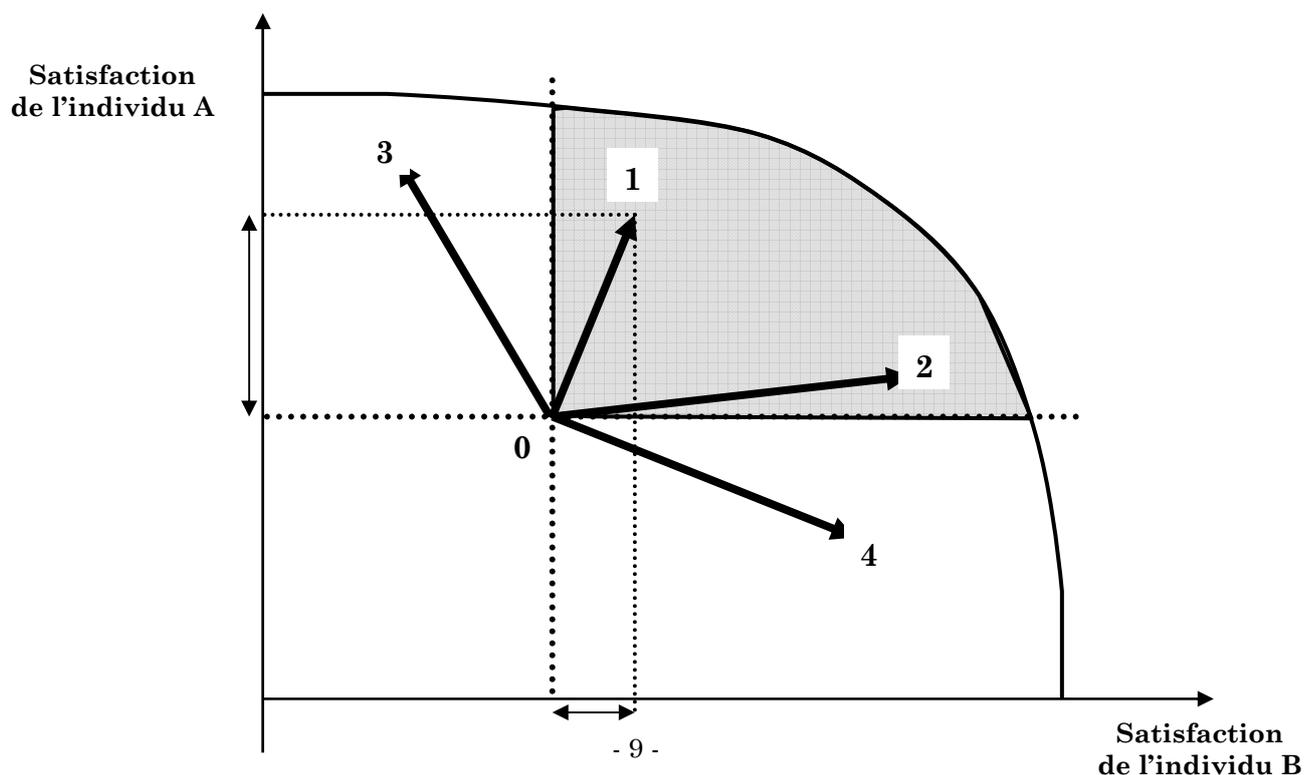
### Graphique 5 : Les problématiques de péage

L'introduction d'un « péage économique pur » permet d'adapter le niveau de demande à la capacité de l'infrastructure existante. Mais ce prélèvement sur le surplus des usagers sert, du point de vue collectif, à dégager les moyens financiers nécessaires pour augmenter la capacité (ou réaliser une nouvelle infrastructure), de façon à ce que l'ensemble de la demande de déplacement soit satisfaite. En théorie, ce péage économique n'est donc que temporaire. C'est ce qui a toujours fondé le principe de péage sur des ouvrages d'art : la loi stipule même en pratique que la durée et le montant du péage sont fixés de façon à permettre le remboursement des emprunts contractés par la puissance publique pour la réalisation de l'investissement (cas du périphérique nord de Lyon, dès lors qu'il est géré en régie).

Dans le programme autoroutier français, le recours à la concession a permis d'échapper à ce principe : l'intervention d'un partenaire privé induit nécessairement une obligation de rentabilité du capital investi, mais cela a également permis de financer d'autres autoroutes, c'est-à-dire d'autres bénéficiaires (usagers) que ceux directement concernés par le péage. C'est cette sorte de mutualisation qui est contestée par la Commission Européenne, dans la mesure où elle génère des liens intertemporels de nature à constituer une barrière à la concurrence pour la réalisation et l'exploitation de nouvelles infrastructures.

L'intérêt de l'approche par les surplus est de montrer que tous les agents économiques concernés par un investissement doivent être pris en compte. Ainsi l'analyse du système montre qu'outre le « producteur » de l'infrastructure de transport (qu'il soit public ou privé) et les « consommateurs » (les usagers), d'autres agents sont soumis à des effets positifs (réduction des coûts de transport pour les activités économiques, augmentation des aires de chalandises, valorisations foncières) ou négatifs (bruit supporté par les riverains, mais également effets de coupure, pollution atmosphérique, voire même insécurité routière pour les usagers, perte de recettes des systèmes de transport concurrents – les autres producteurs). La notion de « surplus total » conduit ainsi à mesurer les variations de surplus de tous les agents concernés par la transformation d'état du système économique de référence.

Il faut ici faire appel à la **théorie de comparaison des états économiques**, qui met en lumière les conditions d'évaluation de l'intérêt collectif d'une telle transformation, autrement dit comment juger que l'état futur envisagé est meilleur que l'état naturel d'évolution du système (sans investissement). Le graphique suivant illustre de façon simple comment ce jugement de valeur peut être produit pour deux agents.



## Graphique 6 : la comparaison des états économiques

Dans un système à deux agents, la situation initiale correspond à des niveaux de satisfaction pour chacun d'eux. La construction d'un état « meilleur » suppose d'accroître la variation de satisfaction totale, ce qui ne peut se faire au delà d'un certain niveau défini par la courbe limitant le champ d'analyse (contrainte de ressources). Tout point situé sur cette courbe correspond à une situation de l'optimum de Pareto, puisque l'on ne peut dans ce cas augmenter la satisfaction d'un agent sans diminuer celle de l'autre.

Dans la réalité, cet optimum n'est pas atteint et plusieurs cas peuvent être distingués. Toute transformation se situant dans le cadran supérieur droit (en grisé – cas 1 et 2) conduit à une variation positive pour les deux agents : ces situations sont dites Pareto-optimale puisque tout le monde y gagne. Cependant ce cas est rare dans un système multi-agents, et ce sont plutôt des situations du type 3 ou 4 que l'on rencontre. Dès lors, il est clair que si certains agents gagnent dans la transformation opérée, d'autres vont perdre. Juger de l'intérêt de la transformation suppose que l'on soit en mesure d'apprécier si le bilan global est positif ou non.

L'approche par les surplus conduit en effet à penser que l'état sera meilleur dès lors que la variation du surplus total sera positive, même si cela correspond au fait que les avantages des « gagnants » sont supérieurs aux inconvénients subis par les « perdants ».

Ici se pose la délicate question de la mesure de la variation de surplus des agents concernés. La théorie économique conclue qu'à l'équilibre, les utilités marginales des agents s'égalisent, et qu'il est logique d'apprécier la variation de surplus total comme une simple **fonction additive des variations de surplus de chaque agent**. Cette hypothèse, qui renvoie au principe d'une allocation optimale des ressources à l'équilibre, soulève la question de l'équité, dans une situation réelle non optimale. De nombreux auteurs ont tenté de construire ainsi des fonctions d'utilité collective pondérées, de façon à prendre en compte des inégalités dans la distribution des revenus ou des niveaux de satisfaction des agents, mais aucune ne peut faire état d'un fondement théorique pertinent sur le plan économique.

C'est donc par défaut que cette fonction additive est retenue, mais deux éléments viennent en conforter la pertinence. Le premier concerne le système analysé, qui est le système économique national : dans ce cadre, on peut considérer qu'un investissement de transport, même très coûteux, reste une transformation marginale de l'état du système national (même si cette transformation peut être jugée structurelle au niveau du micro-système des riverains d'une autoroute). Le second est le principe de compensation, selon lequel, si le bilan est globalement positif, les perdants doivent être indemnisés par les gagnants (transfert partiel de surplus). Il faut cependant noter qu'en règle générale, ce principe est loin d'être systématiquement mis en œuvre...

## La mesure de la rentabilité par l'Analyse Coûts/Avantages

La construction du calcul économique par Lesourne s'appuie sur la démonstration qu'une transformation d'état par le biais d'un investissement public conduit à des variations de surplus de nature identique à celle d'un investissement privé, dès lors que tous les agents économiques concernés sont pris en compte. Le recours aux indicateurs de rentabilité décrits précédemment devient possible en élargissant le champ de l'analyse, par l'introduction d'autres agents que le producteur et le consommateur.

On est ainsi amené à définir une Valeur Actuelle Nette intégrant toutes les variations de surplus, dénommé dans le champ des transports Bénéfice Net Actualisé (BNA), et qui s'exprime sous la forme :

$$BNA = \sum_{j=t_p}^{j=t_n-t_r} \left( \frac{-\Delta I_{j+t_r} + \Delta R_{j+t_r} - \Delta C_{j+t_r} + \Delta A_{j+t_r}}{(1+a)^j} \right) + \frac{K_{t_n}}{(1+a)^{n-t_r}}$$

Dans cette formule, on ajoute à la VAN précédente un terme  $\Delta A_j$  qui représente l'ensemble des variations de surplus des autres agents que le producteur (l'investisseur). Le BNA est donc ainsi l'expression actualisée de la variation du surplus total, puisque la VAN correspond à la variation de surplus du producteur.

Avant de préciser les conditions de calcul de ce terme  $\Delta A_j$ , quelques précisions doivent être apportées sur les autres variables dans le cas d'un investissement public :

- le taux d'actualisation  $a$  est ici celui de l'agent investisseur. Lorsqu'il s'agit de la puissance publique, ce taux, appelé **Taux de référence** est identique pour tous les investissements quel que soit le secteur concerné (santé, éducation, culture, transport,...) ; il est fixé par le Commissariat Général du Plan et sa valeur actuelle est de 8% (voir encadré)
- sur les flux monétaires directs (investissement, recettes, coûts d'exploitation) sont a priori facilement calculables, comme pour toute opération d'investissement, il n'en est pas de même pour ce qui concerne la valeur résiduelle du capital  $K$ . Ceci tient aux spécificités des investissements de transports en termes d'infrastructures : d'une part la durée de vie est très longue (de 50 à 100 ans), d'autre part il faut distinguer ici l'équipement proprement dit (la chaussée, dont l'usure dépend du trafic et induit des investissements de maintien en l'état tout au long de son utilisation) et l'emprise spatiale consommée. On ne peut s'appuyer dans ce cas sur une valeur de revente des sols (prix fonciers) puisqu'il n'y a pas de remise sur le marché au terme de la durée de vie. De même, certains auteurs prônent de prendre en compte les coûts de la remise en état naturel : dans ces conditions, la valeur résiduelle de l'emprise serait négative. On imagine les conséquences d'une telle approche dans le cas des centrales nucléaires... En pratique, la durée de vie nominale retenue pour les calculs est de l'ordre de 30 ans (au delà, les calculs de prévisions de coûts d'exploitation, de trafic et de recettes perdent de leur pertinence), et l'on ne peut considérer qu'à ce terme l'infrastructure n'ait plus de valeur d'usage. On doit donc avoir recours à une règle de dépréciation (en général linéaire) de la valeur initiale de l'investissement. Très souvent, cette valeur résiduelle est prise par défaut égale à zéro, simplification qui tend à abaisser le rendement.

#### **Encadré 1 : La fixation du Taux de Référence,**

ou l'expression d'un taux d'actualisation représentatif de la préférence collective pour le présent :

Etabli à l'origine pour la période d'un plan quinquennal, le taux de référence n'a plus évolué depuis de nombreuses années ; sa valeur est de 8% actuellement. L'établissement de ce taux unique pour tous les projets publics, résulte de diverses analyses :

- il est en premier lieu l'expression d'un coût d'opportunité de l'argent public ; il peut être compris comme la somme de deux termes : d'une part le taux d'intérêt du marché pour les emprunts contractés ; d'autre part une prime de risque, couvrant les aléas possibles sur le long terme. Une politique purement financière conduirait actuellement à une baisse de ce taux, ce qui aurait pour effet d'accroître fortement le nombre de projets rentables, et donc d'augmenter la dépense publique. Le Japon (3%) est dans ce cas.
- La seconde approche renvoie directement à la capacité financière de la puissance publique : le taux est ajusté de façon à limiter le volume global d'investissement pour ne pas aggraver la dette publique. De plus, avec les obligations de Maastricht, cette contrainte a été renforcée. Un taux élevé est donc de nature à réduire le nombre de projets rentables et donc le niveau d'investissement public : seuls les projets très rentables à court terme sont réalisés.
- La troisième approche s'appuie sur l'analyse des effets de l'investissement public sur le système économique national : à partir des tableaux entrées/sorties (TES), il est possible de simuler l'impact d'un volume d'investissement sur l'activité des différents secteurs. Cette approche macro-économique est celle retenue en Allemagne (4%), dans un contexte de relance de l'économie dans les Länders de l'Est.

Comme le montre cette liste, les influences des résultats sur le Taux de Référence sont contradictoires, alors que la fixation de ce taux a des impacts très forts sur le volume de l'investissement public. On comprend dès lors pourquoi il est difficile de changer ce taux !

De la même manière, il est possible de calculer un indicateur de profitabilité, le **Bénéfice Brut Actualisé par Euro Investi**, mais aussi un **Taux de Rentabilité Interne socio-économique (TRIse)**, défini comme la valeur du taux d'actualisation qui annule le Bénéfice Net Actualisé sur la période de vie analysée.

Cependant, le choix des indicateurs pertinents ne se pose pas tout à fait dans les mêmes termes que pour un agent privé. En effet, dans la justification théorique du calcul économique public, c'est la variation du surplus total qui est la fonction objectif à maximiser. Dès lors, il serait logique de considérer que dans l'arbitrage entre BNA et TRI, le premier indicateur est celui qui correspond le mieux à l'objectif.

Pourtant, dans un contexte de rareté des ressources publiques, c'est souvent le deuxième indicateur qui est mis en avant. Ceci amène à souligner l'existence de différentes rentabilités, dès lors que l'Etat, malgré sa position théorique d'agent neutre, doit également se soucier de la bonne allocation de l'argent qu'il gère.

## Les différentes rentabilités

Cette position d'investisseur pour la puissance publique est d'ailleurs souvent partagée au sein d'un partenariat avec des opérateurs privés : c'est le cas bien connu des concessions d'autoroutes, mais ce l'est également pour partie pour la SNCF, voire RFF, par rapport à des collectivités territoriales qui participeraient au financement d'investissement.

Il faut dès lors distinguer ces rôles différents dans l'analyse, et l'on introduit par conséquent une contrainte supplémentaire, celle du **mode de financement** de l'investissement. L'analyse économique publique classique s'intéresse en effet à la pertinence de l'investissement, c'est-à-dire de sa capacité à dégager des profits (ou une variation de la satisfaction collective), en supposant que l'argent est disponible (règle de l'unicité du budget public). Dans le cas d'un partenariat public/privé, et même pour une collectivité territoriale qui serait amenée à contracter de emprunts spécifiques pour réaliser l'investissement, il devient nécessaire de prendre en compte l'origine des fonds mobilisés. Ceci conduit à distinguer différentes rentabilités (cf. tableau 1) :

- une **rentabilité socio-économique**, qui vise à mesurer l'utilité sociale de l'investissement, et sera centrée sur la mesure de la variation du surplus des différents agents concernés
- une **rentabilité économique** globale sur l'ensemble du projet, quelle que soit la répartition et l'origine des contributions au financement entre les acteurs
- des **rentabilités financières**, calculées pour chaque agent participant au financement du projet, en fonction de la part des financements qui lui revient.

	<b>Rentabilité Financière</b>	<b>Rentabilité Economique</b>	<b>Rentabilité Socio-Economique</b>
<b>Objectifs</b>	Mesurer la faisabilité	Mesurer l'efficacité	Mesurer l'utilité
<b>Acteurs</b>	Puissance Publique Opérateur Privé	Puissance Publique Contribuable	Puissance Publique Autres agents
<b>Facteurs pris en compte</b>	Flux monétaires réels Prend en compte le mode de financement	Flux monétaires réels (l'argent est supposé disponible)	Flux monétaires réels + Flux monétarisés
<b>Indicateurs</b>	VAN-f publique TRI-f public VAN-f privée TRI-f privé	VAN-e TRI-e VAN <sup>12</sup> /Subvention	BNA (ou VAN-se) TRI-se BBA/I

### Tableau 1 : Les diverses rentabilités

Dans ce dernier cas, il est clair que les taux de référence des différents agents ne sont pas du même ordre, surtout entre acteurs publics et acteurs privés. Mais plus fondamentalement, le calcul intègre dans ce cas les charges résultant du mode de mobilisation des ressources. Il faut ainsi prendre en compte dans le calcul les **frais financiers** liés aux emprunts contractés, voire même les intérêts intercalaires pendant la période (parfois très longue) de réalisation des travaux.

La mesure de la rentabilité peut ainsi conduire à des situations contrastées. L'exemple le plus courant en matière d'autoroutes est le suivant :

- l'utilité sociale (TRI-se > 30%) est forte, car le projet dégage des gains de temps importants pour les usagers, ce qui se traduit par un transfert important de la route vers l'autoroute,
- la pertinence de l'investissement est contestable sur le plan de l'efficacité économique (TRI-e < 8%), car le coût de l'investissement est très élevé, et les recettes tarifaires provenant du péage ne permettent pas de récupérer la mise de fonds initiale : le projet est économiquement non rentable
- sous réserve d'une contribution publique souvent élevée, la rentabilité financière d'un partenaire privé peut être suffisante (TRI-f privée > 15%), dès lors qu'il ne supporte qu'une faible partie de l'investissement (financée par emprunt), supporte les coûts d'exploitation de l'autoroute, mais engrange la totalité des recettes de péage. Pour la collectivité, cette solution permet de limiter partiellement la mobilisation de fonds publics qui peuvent être consacrés à d'autres investissements (ou ce qui permet de limiter l'endettement public).

Cet exemple montre clairement l'avantage (mais aussi les limites) du partenariat public/privé dans la réalisation d'infrastructures. La décision de réalisation dépend donc à la fois des caractéristiques intrinsèques du projet (son utilité sociale, l'ampleur de sa non rentabilité économique), mais aussi de la rentabilité financière escomptée du partenaire, du niveau respectif des contributions en capital des acteurs publics et privés, et de la capacité à un instant donné de mobiliser les fonds nécessaires. Comme on le verra plus loin, ces arbitrages peuvent conduire à remettre en cause la nature du projet. Par exemple, si la « subvention » publique accordée pour permettre une rentabilité financière privée suffisante est trop élevée (de l'ordre de 90 % du montant de l'investissement), est-il pertinent de construire une autoroute à péage (ce qui limite le nombre d'usagers et génère des frais de collecte du péage), alors qu'une voie expresso à 2x2 voies pourrait générer une variation de l'utilité sociale du même ordre, tout en réduisant significativement le coût d'investissement du projet ?

### La difficile mesure de la variation des surplus

Le calcul de la rentabilité économique et financière semble en général maîtrisable, même si cela nécessite de **construire un échéancier réaliste des recettes et des dépenses sur une longue période** (30 ans le plus souvent pour des investissements routiers) : il faut disposer pour cela d'un modèle de prévision de la demande capable d'intégrer de façon réaliste l'évolution annuelle des trafics, tout en tenant compte de la concurrence (pouvant résulter d'une amélioration de l'offre ou d'une variation des prix des systèmes de transports concurrents), de l'évolution des localisations sur le territoire desservi (évolution d'une matrice origine-destination dont la structure n'est pas constante a priori), mais aussi d'une possible évolution des comportements et des préférences des usagers.

Très souvent, en l'absence de modèles multimodaux dynamiques, les prévisions de trafic sont fondées sur une estimation par modèle de l'effet d'offre à court terme (impact du projet sur les coûts généralisés à la mise en service en termes de répartition entre les modes concurrents et d'induction de trafic), complétées par une estimation de ce même effet à un horizon donné (20 ou 30 ans), par le biais de facteurs de croissance ajustés pour représenter l'évolution de la

conjoncture économique sur cette même période. Le calcul des données annuelles de trafic en est déduit par l'ajustement d'une fonction linéaire ou géométrique entre ces deux points. A partir de ces « projections » sont mesurés les coûts d'exploitation et les recettes variables, afin d'établir le bilan actualisé du projet.

La mesure de la variation de l'utilité sociale se fait sur la base des mêmes hypothèses de répartition des trafics entre les diverses alternatives, mais conduit à une analyse segmentée par type d'agent concerné. Il faut en effet tenir compte de possible transferts entre agents, et éviter des doubles comptes qui viendraient biaiser le bilan actualisé.

- **Le Producteur (opérateur) :** qui peut être privé et/ou public

En tant que firme réalisant un investissement, la variation de surplus n'est autre que la Valeur Actuelle Nette de l'investissement (ou plus exactement de la partie d'investissement supportée lorsqu'il y a plusieurs partenaires) :

$$\Delta Sp = VAN$$

- **Les Consommateurs :** les usagers (anciens, induits, détournés, restant sur le réseau initial)

La fonction de satisfaction des usagers est ici classiquement le coût généralisé du déplacement. Selon les modèles, cette fonction de coût peut être très différente. Dans le cas le plus classique, trois facteurs sont pris en compte (dans une approche encore trop souvent monomodale) :

- les coûts monétaires directs : d'une part le coût kilométrique d'usage de l'automobile, qui peut être fixe ou variable (différence de consommation entre route et autoroute liée à la vitesse), unique ou différencié selon les types de véhicules (VL/PL) ; d'autre part le montant du péage, variable selon la distance parcourue et le type de véhicule
- le gain de temps monétarisé : l'amélioration de l'offre de transport vise le plus souvent à faire gagner du temps aux usagers et les modèles d'affectation du trafic permettent de calculer ce gain de temps, de façon agrégée ou par catégorie d'usagers. Le recours à une valeur du temps, expression du consentement à payer des usagers, permet de traduire sur une unité de compte monétaire la valeur de l'avantage retiré
- un « bonus », troisième terme exprimant l'ensemble des autres avantages que le nouveau système de transport peut générer ; dans le cas d'une autoroute, ce bonus prend en compte le meilleur niveau de qualité de service offert, sur le plan du confort et de la sécurité. La détermination de la valeur de ce bonus résulte le plus souvent du calage du modèle.

Il faut en outre distinguer ici plusieurs catégories d'usagers pour lesquels la variation de ce coût généralisé sera différente :

- les « anciens usagers » sont ceux qui utilisent déjà le système de transport en question et vont bénéficier de l'amélioration résultant de l'investissement
- les « nouveaux usagers induits » sont des usagers qui ne se déplaçaient pas avant et réalisent désormais des déplacements du fait de la baisse du coût généralisé. Par convention simplificatrice, le surplus dégagé est égal au produit du nombre d'usagers induits par la moitié de la variation du coût généralisé
- les « nouveaux usagers transférés » sont ceux qui utilisaient un autre système de transport et sont attirés par le système amélioré ; dans ce cas, la variation de surplus est égale au nombre d'usagers transférés multiplié par la différence de coût généralisé entre les deux systèmes de transport concernés
- les « usagers restant sur le réseau » sont ceux qui utilisaient d'autres systèmes (par exemple ceux qui restent sur la route malgré l'ouverture de l'autoroute, soit parce que le coût de l'autoroute leur semble trop élevé, soit parce que les origines-destinations proposées ne sont pas adaptées). Ces usagers bénéficient indirectement du transfert d'autres usagers par un gain dit de décongestion : la diminution des trafics se traduit pas une vitesse supérieure, donc un gain de temps. Notons ici un problème de comptabilisation important : dans le cas de la création d'une autoroute, le réseau routier

secondaire constitue un maillage important pouvant supporter des niveaux de trafic élevés (cas de la proximité d'une grande agglomération). Si le gain de temps unitaire peut être faible, la multiplication par le nombre d'utilisateurs conduit à un gain de décongestion non négligeable. Cependant, certains auteurs estiment qu'en dessous d'une ou deux minutes de gains unitaires, l'avantage n'est pas perçu et qu'il est donc erroné de le prendre en compte dans le calcul. De même, on peut souligner que si ce gain est perçu, alors il est de nature à induire un nouveau trafic sur le réseau secondaire, qui viendra à terme générer une nouvelle congestion.

Comme le montre cette décomposition, le calcul de la variation de surplus des usagers peut être complexe. De plus, dans une perspective temporelle, ces variations annuelles ne sont pas forcément constantes, surtout si l'on prend en compte une croissance « naturelle » de la demande, qui en accentuant les volumes de trafic va jouer sur la congestion et les vitesses, donc sur le gain de temps réel de chaque catégorie.

- **Les autres producteurs :** les gestionnaires des autres modes ou systèmes de transport

La prise en compte d'une offre alternative pour réaliser les déplacements nécessite aussi de considérer les conséquences de transfert de clientèle sur les opérateurs de ces systèmes. Dans le cas de la création d'une autoroute, la forte amélioration des vitesses est de nature à générer des transferts de clientèle, par exemple en provenance du train. Il en résulte mécaniquement une perte de recettes qui doit être clairement identifiée. Lors de la création du TGV Sud-est, on a encore en mémoire les pertes d'Air Inter sur la liaison Paris-Lyon. De la même façon, l'évaluation du projet doit prendre en compte une possible réaction de ces opérateurs concurrents qui ne se laisseront pas dépouiller de leur clientèle sans réagir, soit par une amélioration de leur service, soit par une offre tarifaire plus attractive. Ne pas tenir compte de cette réactivité peut conduire à des surestimations des parts de marché escomptées, préjudiciables à l'équilibre financier du projet.

Dans le cas d'autoroutes régionales, la question de la concurrence avec les TER est directement posée, et la région, sollicitée financièrement pour les premières, doit s'assurer de l'impact financier sur les seconds.

- **Les autres agents :** les riverains, les activités économiques

Les fortes externalités positives ou négatives, générées par les infrastructures de transport, touchent diverses catégories d'agents et doivent être prises en compte dans la mesure de la variation du surplus total résultant de la transformation d'état du système. Dans l'état actuel des connaissances sur la monétarisation de ces effets externes (cf. rapport Boiteux 2, 2001), tous les impacts ne peuvent être pris en compte dans le calcul du bilan actualisé.

Ainsi, le bruit, la pollution locale, l'effet de serre et le coût de l'insécurité routière sont les effets pour lesquels des valeurs normatives (ou tutélaires) ont été établis dans les procédures officielles d'évaluation (voir en annexe les tableaux récapitulatifs sur les modes de calcul). D'autres effets comme l'impact sur les paysages, ou les effets de coupure sont partiellement pris en compte par le biais d'une internalisation lors de la conception des projets (aspects architecturaux et paysagers, emprise en déblais, rétablissements de communication).

Par ailleurs, les effets sur l'activité économique ne sont pas le plus souvent directement identifiés. On considère qu'ils résultent de la baisse des coûts de transport et qu'ils sont comptabilisés de facto dans la mesure de variation de surplus des usagers (l'avantage procuré à ces derniers se traduit dans leur allocation de ressources et leur choix de fréquentation des activités économiques). Il ne peut donc être question de rajouter au bilan des avantages sous forme de gains d'accessibilité qui conduiraient à un risque de double compte. Le désir souvent exprimé de comptabiliser des effets structurants sur l'activité économique (comme par exemple l'induction en termes d'emplois résultant d'une meilleure accessibilité) peut être satisfait en tentant de quantifier cet impact (pour montrer l'intérêt du projet pour la catégorie d'agent concernée), mais cet avantage ne doit pas être rajouté au bilan global.

- **La Puissance Publique :**

Compte tenu de la décentralisation des compétences au niveau territorial et de la mobilisation de plusieurs acteurs « publics » dans le financement des projets, il devient de plus en plus nécessaire de les identifier dans la mesure de la variation des surplus.

L'Etat reste bien sûr l'acteur public dominant. Dans la construction de son bilan, il faut mettre au débit le montant de sa contribution à l'investissement, mais également analyser les autres flux monétaires résultant de cette intervention. En effet, le transfert d'un trafic sur route vers une autoroute va générer plusieurs effets sur les flux fiscaux et les coûts sociaux :

- le flux de TVA sur les recettes de péage, découlant des nouvelles règles comptables
- la variation des recettes de la TIPP, induite par l'augmentation des consommations de carburant sur autoroute
- l'impact sur ces flux de l'induction de trafic liée à l'amélioration du système de transport (sur autoroute, comme sur le réseau existant)
- les « économies » de coûts sociaux résultant du transfert d'usagers : bruit, pollution locale, insécurité routière
- mais aussi l'augmentation des coûts sociaux liés à l'induction de trafic (notamment sur l'effet de serre)

Pour la collectivité régionale, la contribution au financement d'un projet d'autoroute, inscrite au débit, doit être désormais augmentée de la perte éventuelle de recettes tarifaires sur le réseau ferroviaire régional. Au crédit doivent être inscrits les effets positifs attendus relativement aux objectifs des politiques publiques conduites par la région.

Comme ce récapitulatif le montre, la construction du bilan collectif est complexe et nécessite d'identifier clairement les transferts entre agents, et d'éviter les doubles comptes ...

## Un indicateur trompeur, la rentabilité immédiate

Compte tenu de la lourdeur des calculs et simulations nécessaires pour mesurer le bilan actualisé ou le TRI d'un projet, il est fréquent d'avoir recours à un indicateur simplifié, la Rentabilité Immédiate (RI), définie comme le rapport entre l'Excédent Brut à l'année de mise en service, et le coût actualisé de l'investissement :

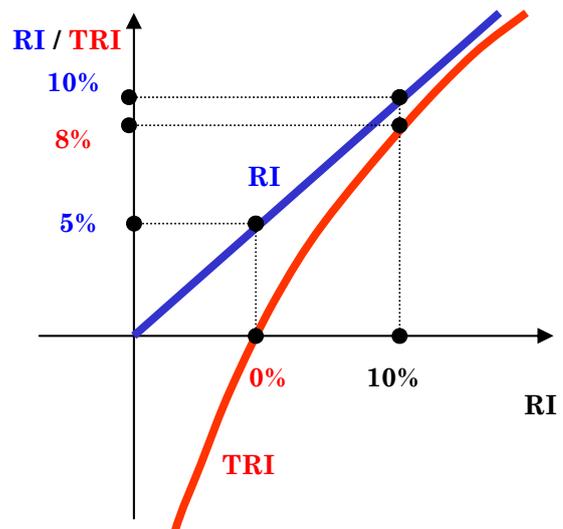
$$RI = \frac{\Delta R_{t_1} - \Delta C_{t_1}}{\sum_{j=t_p-t_r}^{j=t_0-t_r} \left( \frac{\Delta I_{j+t_r}}{(1+a)^j} \right)}$$

L'avantage de cette formule est de limiter les calculs à l'évaluation du coût de l'investissement, et à celle des avantages lors de la mise en service : on évite ainsi de construire un échéancier complexe, et on réduit les risques d'erreur dus à une projection sur plusieurs années (incertitudes du futur).

L'assimilation entre RI et TRI est souvent faite dans les choix d'investissement industriels. La raison en est que **ces deux taux ont des valeurs approchées, dès lors que le TRI est fort (>10%)**. Mais cette équivalence est totalement erronée quand on se situe en dessous de ce seuil, comme le montre le graphique suivant :

**Graphique 7 : relation RI/TRI**

Sur un cas simple (excédent brut annuel constant tout au long de la durée de vie), on montre qu'une rentabilité immédiate de 10% correspond à un TRI d'environ 8%, et qu'au delà, les deux taux semblent converger. Ce phénomène tient simplement au fait qu'à des TRI élevés on dévalorise fortement les flux



lointains, qui deviennent donc du second ordre dans le calcul.

A l'inverse, pour des TRI faible, l'écart se creuse. Ainsi, une RI de 5% correspond en fait à TRI proche de 0%.

C'est la raison pour laquelle la RI n'est pas une mesure de la rentabilité, mais un indicateur destiné à rechercher l'année optimale de mise en service, celle où l'on maximise le bénéfice à la mise en service.

En conclusion :

- Le choix d'un investissement fait par la puissance publique se fonde sur la maximisation de l'utilité collective, c'est-à-dire de la **variation du surplus total**, mesurée par le Bénéfice Net Actualisé (BNA). En pratique, il est souvent préférable d'utiliser le TRI socioéconomique, qui prend mieux en compte la rareté des fonds publics. On calcul souvent un indicateur de profitabilité, le Bénéfice Net Actualisé par Euro Investi, équivalent du ratio « Benefit/Cost » des anglo-saxons.
- Trois rentabilités différentes peuvent être mesurées : la **rentabilité financière**, qui mesure la faisabilité financière du projet (seuls sont pris en compte les flux monétaires réels, y compris les charges financières liées au mode de financement de l'investissement) ; la **rentabilité économique**, qui juge de la pertinence de l'investissement (les flux monétaires, l'argent étant supposé disponible) ; la **rentabilité socio-économique** qui mesure l'utilité sociale du projet (les flux monétaires + la valorisation monétaire de la variation de surplus de tous les agents concernés
- Dans le cas d'un partenariat impliquant plusieurs financeurs, on mesure de façon globale les rentabilités économique et socio-économique, mais on calcule une rentabilité financière pour chaque contributeur.
- Pour chaque financeur existe un taux d'actualisation différent : pour la puissance publique, le taux de référence officiel est de 8% ; pour un agent privé, il peut être bien supérieur.

### ***1.3 Les conditions pratiques de réalisation du calcul de rentabilité***

La mesure de la rentabilité sur un projet de transport nécessite un volume d'informations important. Le calcul repose avant tout sur la construction d'un échéancier détaillées des dépenses d'investissement, des recettes de péage, des coûts d'exploitation et bien sûr des effets non marchands quantifiables et monétarisables. Le schéma suivant décrit ainsi les principales sources de données mobilisées.

**Un premier groupe (1)** décrit l'ensemble des connaissances nécessaires pour décrire les conditions dans lesquelles l'évaluation va être menée : ce sont les « **hypothèses** » fondamentales, qui selon le rapport Boiteux I '(CGP, 1994), doivent être rappelées en introduction de tout rapport d'évaluation, afin de juger de la pertinence du calcul effectué :

- Les variables descriptives du futur (**scénarios**), c'est-à-dire l'ensemble des facteurs servant à conduire les projections sur les trente années de durée de vie conventionnelle ; ces variables permettent de décrire l'évolution naturelle du système (i.e. la situation de référence – ou « sans projet ») et celle du système « avec projet ». Elles portent sur les taux de croissance de la demande, l'évolution du prix des facteurs (prix du carburant, coût d'usage de la voiture, tarifs des différents systèmes de transport,...), mais aussi la prise en compte de la réalisation au cours du temps d'autres projets de transport. Il est ici logique de construire plusieurs

scénarios, car le futur est par définition incertain ; par défaut on se limite souvent à ne prendre en compte que le « scénario optimisé le plus probable » (cf. instruction Brossier, 1995).

- Les variables de valorisation monétaires des effets non marchands (**valeurs normalisées ou « tutélaires »** – parce que fixées par la puissance publique). Elles servent à plusieurs niveaux, comme la valeur du temps, utile pour apprécier l'induction de trafic et la répartition entre les modes concurrents, mais aussi pour quantifier la variation de surplus des diverses catégories d'usagers. Les références officielles ici sont mentionnées dans le rapport Boiteux II (CGP, 2001).
- Les variables descriptives du projet de transport envisagé (**caractéristiques du projet**), qui serviront non seulement à établir les différents coûts, mais aussi à préciser la variation de qualité du service offert (capacité, vitesse, gain de temps, péage,...).

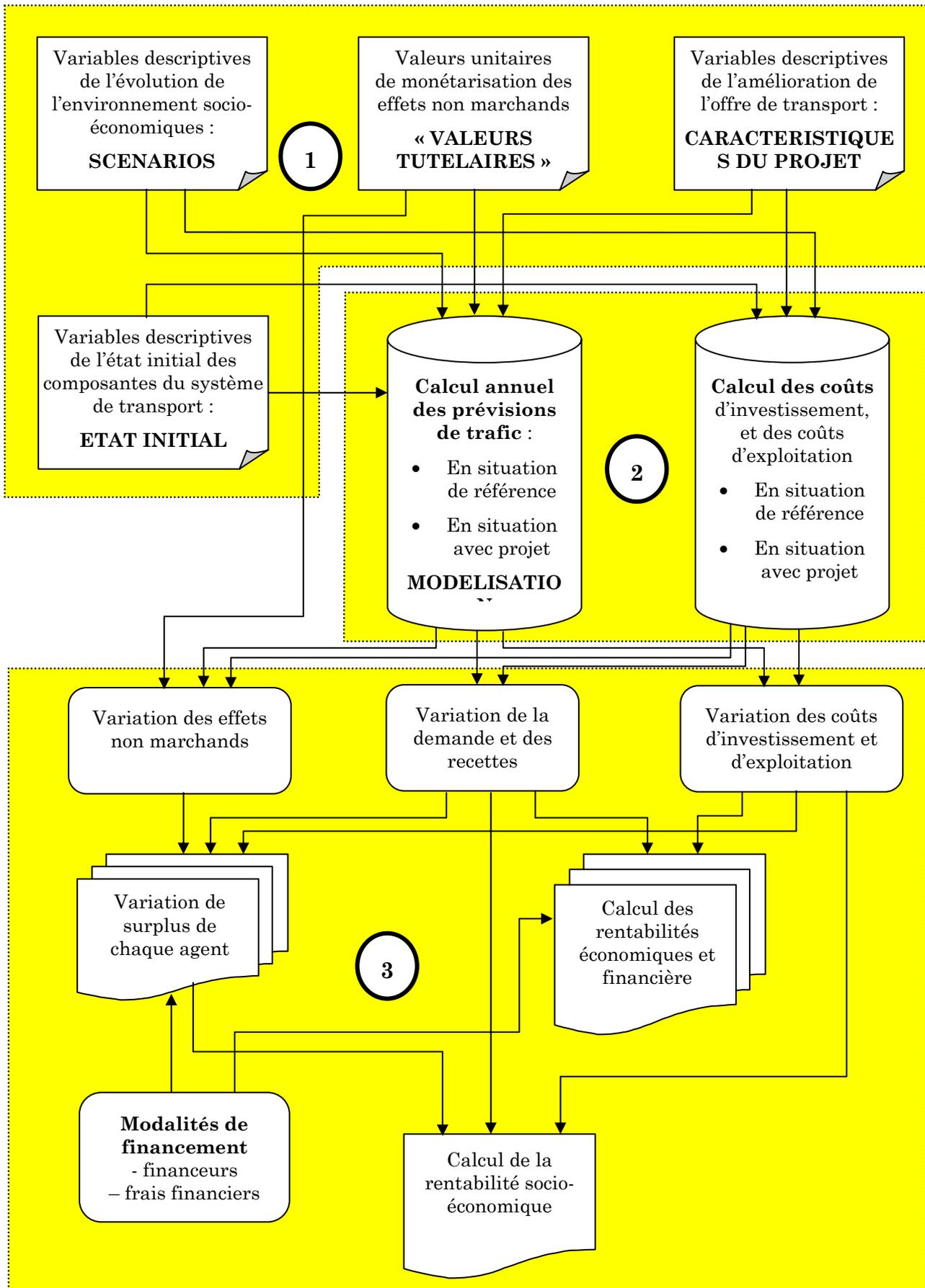


Schéma 1 : Procédure de calcul de la rentabilité d'un investissement de transport

- Les variables descriptives de **l'état initial**, qui vont servir de base pour décrire l'évolution de la situation de référence (« sans projet »). Le choix de cette situation n'est pas neutre : il ne s'agit pas de prendre en compte une situation « au fil de l'eau » dans laquelle aucune amélioration du système de transport ne serait effectuée sur les 30 ans à venir. Cette position est peu crédible, surtout les taux de croissance de la demande fixés dans les scénarios sont élevés ; il faut alors prendre en compte les investissements nécessaires, dénommés « investissements éludés ». Remarque : cette prise en compte est généralement faite pour les investissements de transport collectif (notamment pour la SNCF), mais elle ne l'est pas pour les investissements routiers. La conséquence en est parfois une surestimation des gains de temps, puisque la non réalisation d'adaptation de l'offre à la demande peut être source de niveaux de congestion très forts.

**La seconde étape du calcul (2)** est en fait exogène à la mesure de la rentabilité, mais elle s'appuie sur les mêmes hypothèses. Elle comporte deux éléments différents :

- la prévision de trafic sur l'ensemble du système de transport (**modélisation**),  
 Sur la base des hypothèses comportementales (valeur du temps notamment), des caractéristiques du projet (niveau de service), comme de l'état initial, et des différents scénarios décrivant les futurs possibles, le modèle de prévision est censé établir des projections des trafics attendus sur les différentes composantes du système de transport analysé. Si la qualité et la robustesse interne des modèles jouent un rôle important sur le pertinence des estimations, les résultats quantifiés sont également très largement dépendants des hypothèses utilisées. Dans un rapport récent au Conseil Danois des Transports, trois experts internationaux ont souligné que les projections étaient souvent supérieures de 20 à 50 % aux trafics réellement observés. Les conséquences sur les recettes et bien sûr la rentabilité escomptée sont très fortes.
- **Le calcul des coûts** d'investissement et d'exploitation des infrastructures :  
 Ce domaine qui relève de l'ingénierie des systèmes de transport, est en général assez bien maîtrisé, dès lors que les technologies utilisées sont rodées. Le choix de cette technologie joue avant tout sur le volume d'investissement, par le biais des spécifications techniques et des niveaux de service recherchés : une ligne de TGV, ou une autoroute sont plus coûteuses qu'une ligne de TER ou une route express à 2x2 voies, mais sont de nature à capter des trafics plus importants. La variabilité des coûts unitaires pour un système technique donné découle des conditions d'insertion spatiale (relief, zones à protéger) et des aléas de réalisation (qualité des sols et sous-sols). Par contre, le coût total peut être accru pour deux raisons principales : la lenteur ou le retard pris dans l'exécution des travaux, et les modifications apportées au projet pendant sa réalisation (voire pendant l'enquête d'utilité publique). Là encore, le rapport d'experts précédemment cité indique que la sous-estimation des coûts est souvent de 30 à 50 %. Signalons par exemple que pour anticiper sur ces aléas, les Britanniques introduisent dans la mesure du coût total de l'investissement, un surcoût égal à 10% du montant initial.

Le calcul des trafics et des coûts constitue la base même sur laquelle l'évaluation socio-économique proprement dite va être construite. Il est clair que toute « erreur » dans ces calculs sera automatiquement transmise à la dernière phase et va infléchir le jugement de valeur porté sur l'intérêt du projet.

**La dernière phase est celle de l'évaluation (3)** : elle vise à quantifier les effets nets du projet, c'est-à-dire la variation relative des différents paramètres, **entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet**. On travaille donc toujours sur un différentiel d'état, qu'il faut être en mesure de calculer pour chaque année sur l'ensemble de la période sur laquelle l'évaluation porte.

- Les effets directs du projet (niveaux de trafic, coûts d'investissements – y compris éludés, coûts d'exploitation et recettes) vont servir à mesurer la **rentabilité économique** du projet (VAN-e, TRI-e)
- La prise en compte du mode de financement va préciser la répartition des contributions de chaque partenaire (Etat, collectivités territoriales, investisseurs privés), l'importance des

charges financières liées aux emprunts et leur répartition entre les financeurs, de façon à calculer les diverses **rentabilités financières** (VAN-f, TRI-f par agent)

- Enfin, la comptabilisation des variations de surplus de tous les agents concernés par cette transformation d'état du système sera effectuée, toujours en différentiel entre la situation avec projet et la situation de référence. La détermination de la variation de surplus total, somme algébrique de la variation de surplus de chaque agent, servira à calculer la **rentabilité socio-économique** du projet.

Un dernier point de méthode peut être souligné ici. Il s'agit de compléments d'analyse qui sont menés dans certains pays pour mieux apprécier les résultats :

En Allemagne (comme dans la plupart des pays anglo-saxons), l'indicateur le plus utilisé est le ratio Bénéfices/Coûts, calculé sur la base du taux de référence en vigueur. L'avantage de cet indicateur est de tenir compte de « l'effet de masse », c'est-à-dire de la propension des grands projets à dégager plus de bénéfice que les petits (c'est l'objectif de notre indicateur du Bénéfice Actualisé par euro investi). Le choix d'inscrire le projet dans le plan national du gouvernement se fait sur la base du critère suivant : si ce ratio est supérieur à 3, le projet est prioritaire et doit être réalisé au cours du plan quinquennal ; si le ratio est compris entre 1 et 3, il est inscrit, mais non prioritaire et devra être réévalué à chaque révision du plan.

Au Japon, un véritable « compte de surplus » est élaboré (*Benefit Incidence Table*), dont l'objectif est de bien identifier d'où vient la rentabilité du projet : ceci permet notamment de connaître l'importance des gains et des pertes pour chaque catégorie d'agents, et d'envisager les éventuelles mesures correctives pour améliorer le projet. Cette logique de compte de surplus peut être intéressante pour la Région appelée à financer des projets autoroutiers, pour vérifier la contribution du projet à ses objectifs (concurrence rail/route, aménagement du territoire, etc.). Elle permet notamment de montrer l'importance des gains de temps monétarisés dans la variation de surplus total et peut donc inciter à des politiques tarifaires différentes (voir plus loin).

Plusieurs pays calculent par ailleurs un ratio intéressant, le rapport entre le Bénéfice Brut Actualisé et la contribution publique au financement. Cet indicateur, que l'on peut dénommer le « Bénéfice Brut par euro de subvention » permet de vérifier l'efficacité des contributions financières publiques

Enfin, comme la partie suivante va le montrer, tous les manuels d'évaluation recommandent la conduite d'une analyse de sensibilité, c'est-à-dire d'appréciation des conséquences d'une erreur de valeur d'un paramètre sur le résultat final.

## **2. Les indicateurs clés de la rentabilité d'un projet de transport**

Cette seconde partie du rapport vise à mettre en lumière les facteurs jouant un rôle important dans la rentabilité d'un projet. S'il a déjà été souligné que les défaillances dans la prévision des trafics et dans les coûts d'investissement peuvent sensiblement modifier les résultats, il reste de nombreux facteurs qui influent le calcul des différents indicateurs.

Trois parties successives seront abordées. La première mettra l'accent sur les analyses de sensibilité, en se fondant sur un modèle théorique de calcul appliqué au cas de la réalisation d'un barreau d'une autoroute régionale ; l'objectif est ici de sensibiliser le décideur sur les intervalles de confiance des résultats, dès lors qu'un grand nombre de variables interviennent dans le calcul.

La seconde partie abordera plus précisément la question des scénarios descriptifs du futur, qui joue un rôle majeur dans la mesure de l'intérêt d'un projet ; il est d'usage courant d'anticiper sur la congestion future liée à la croissance de la demande, mais il faut être sûr que les différents scénarios étudiés sont réalistes et couvrent bien toutes les incertitudes possibles.

La troisième partie sera centrée sur la question du financement et de son impact sur la faisabilité des projets ; ce point est bien sûr essentiel pour une collectivité territoriale, invitée à participer au montage d'une opération.

Enfin, cette partie se conclura en revenant sur le modèle théorique initial, pour illustrer divers problèmes liés tant au financement qu'à la mesure de la variation du surplus sur les effets externes.

### ***2.1 Une analyse de la sensibilité incontournable***

Lors de la relance de l'Analyse Coûts/Avantages comme méthode d'évaluation des projets de transport, l'accent a été mis sur le rappel des conditions de mise en œuvre d'un tel calcul, et notamment de la nécessité de conduire une analyse de sensibilité, pour déterminer les paramètres ayant la plus grande influence sur les résultats. L'objectif de cette analyse est d'apprécier le risque, c'est-à-dire d'opérer une sorte de calcul d'erreur pour mesurer l'impact de l'inexactitude d'une variable. Dans l'instruction Brossier pour les investissements routiers de rase campagne, il est demandé que les résultats de cette analyse soient décrits dans le rapport d'évaluation pour les trois facteurs ayant le plus d'importance.

Rappelons ici la distinction entre ce calcul d'erreur et la prise en compte de l'incertitude : dans le premier cas, il s'agit de préciser l'impact d'une valeur erronée sur un paramètre de base (par exemple le niveau de trafic sur l'infrastructure, résultant d'une enquête ou d'une modélisation), tandis que dans le second cas, on définit des évolutions temporelles du contexte socio-économique, projections hypothétiques donc par nature incertaines. Si dans les deux cas on modifie le résultat de l'évaluation, la portée des variations de chaque facteur est différente.

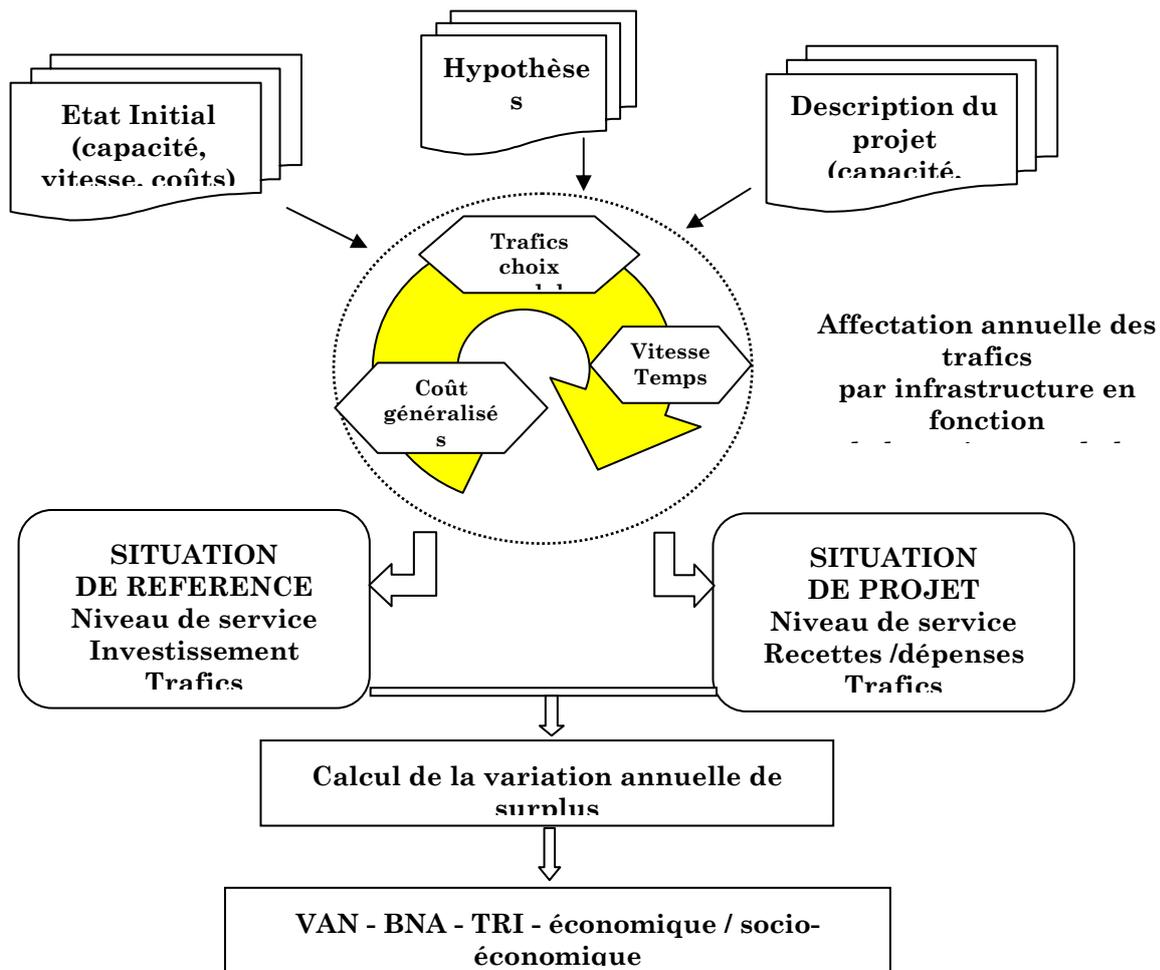
Il est clair que l'ampleur des variations résultant d'une erreur sur les paramètres du calcul dépend de la nature des projets et qu'il n'est pas possible d'identifier précisément cette ampleur, quel que soit le projet. Pour illustrer ce phénomène, nous nous appuierons sur un modèle de calcul économique que nous avons développé sur un cas théorique, celui de la création d'une liaison autoroutière régionale.

### **Présentation du modèle CALCECO**

Ce modèle reprend les différentes phases de calcul des indicateurs de rentabilité, telles que décrites dans le schéma 1 (cf. infra). L'application théorique porte sur la relation entre deux villes, initialement reliées par une route et une ligne ferroviaire ; ce réseau simplifié a permis de construire un modèle de trafic multimodal et dynamique, de façon à disposer de l'évolution annuelle des trafics sur les 3 modes en concurrence (route, fer, autoroute). Le modèle est

dynamique dans la mesure où l'affectation des trafics sur chaque mode à l'année  $i$  se fait à partir de règles fondées sur les coûts généralisés perçus de l'année  $(i - 1)$ , de façon à prendre en compte les niveaux de saturation éventuels (mesurés par la baisse de la vitesse). On peut ainsi introduire un taux de croissance annuel de la demande et comparer pour chaque année la répartition et les volumes de trafic en situation de référence et en situation de projet. Il est alors possible de construire un échéancier annuel des variations de surplus de chaque catégorie d'agents et de déterminer la VAN et le BNA.

Il est clair que les résultats présentés ici dépendent fortement des caractéristiques de ce modèle d'affectation du trafic entre les trois modes en concurrence, et les valeurs mesurées ne peuvent être généralisées sans réserve. Toutefois, les ordres de grandeurs nous semblent réalistes et permettent de conduire une étude de sensibilité significative.



**Schéma 2 : Description du modèle CALCECO**

Deux autres remarques doivent être précisées pour bien apprécier la portée des résultats présentés. La première concerne la non prise en compte explicite des conditions de financement du projet autoroutier : le raisonnement porte sur la rentabilité économique et non la rentabilité financière (cette question de la faisabilité financière sera abordée plus loin, avec un modèle spécifique). La seconde porte sur la nature des hypothèses sur la valorisation des effets non marchands : ce modèle a été élaboré sur la base du rapport Boiteux I, dont les valeurs ont été actualisées en Francs 2000. L'introduction des valeurs du rapport Boiteux II nécessite en effet une adaptation non marginale du modèle, dans la mesure où désormais les valeurs du temps sont fonction de la distance parcourue, et les modes de calcul des externalités sont différents (les valeurs unitaires ne sont pas toujours rapportées au véhicule.kilomètre).

Les principales caractéristiques du cas théorique étudié sont les suivantes :

**Tableau 2 : Caractéristiques du cas théorique**

Mode	Longueur	Vitesse	Capacité	Temps	Trafic	Prix
Route	70 km	70 km/h	15 000 uvp	60 mn	13 000 uvp	-
Fer	60 km	-	12 000 Voy.	75 mn	5 000 uvp	40 F
Autoroute	80 km	120 km/h	30 000 uvp	40 mn	-	36 F

Le coût d'investissement du projet autoroutier est estimé à 2 300 MF, et le financement est réparti à égalité entre l'Etat (50%) et un concessionnaire privé (50%), qui supporte les coûts d'exploitation et engrange la totalité des recettes de péage. La mise en service est prévue en 2005.

Le taux de croissance de la demande (scénario de base) est calé sur les prévisions d'évolution des trafics de l'Union Européenne, à savoir :

**Tableau 3 : Croissance de la demande (projections UE)**

Période	Taux de croissance annuel
Jusqu'à 2015	2,5 %
2015-2025	1,3 %
Au delà de 2025	0 %

Sur ces bases, les résultats du modèle pour une évaluation sur une durée de vie de 30 ans sont les suivants :

**Tableau 4 : Résultats du scénario de base**

Rentabilité	Valeur Actuelle	Taux de Rentabilité Interne
Socio-économique	BNA = + 16 557 MF	TRI-se = 31,1 %
Economique	VAN-e = - 718 MF	TRI-e = 5,6 %
Concessionnaire	VAN-c = + 472 MF	TRI-c = 10,5 %

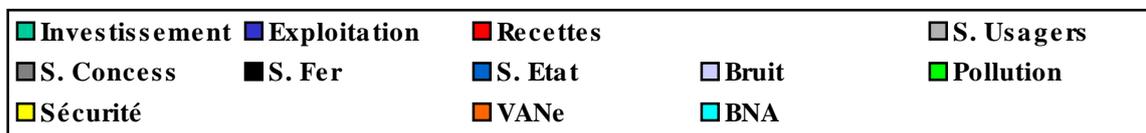
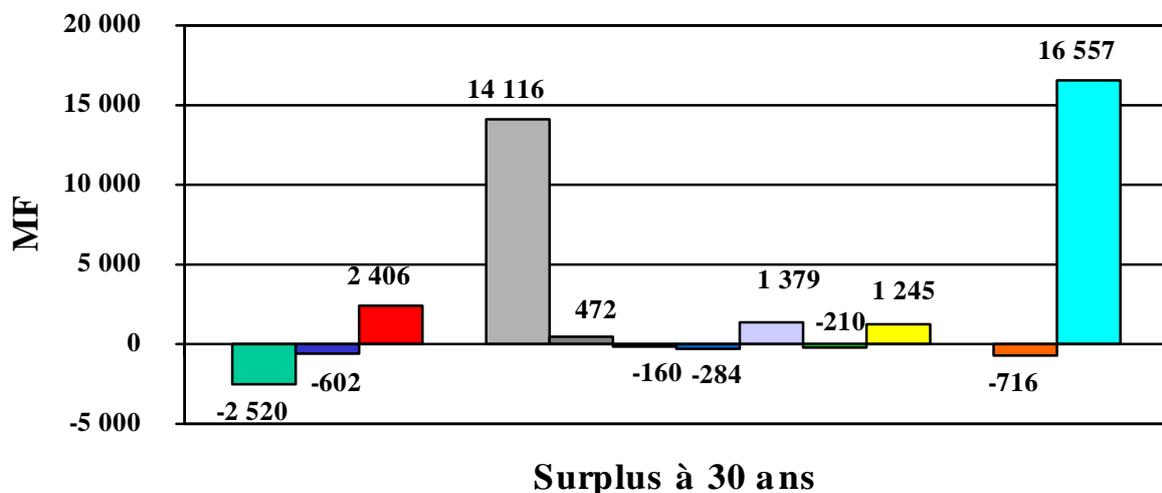
Ces résultats montrent :

- Le projet autoroutier présente une forte utilité sociale (le ratio Bénéfice Brut Actualisé par franc investi est de 7,84)
- Le projet est économiquement non rentable (TRI-e < 8%) : les sommes investies ne seront pas récupérées (recettes de péage insuffisantes)
- Dans le cadre d'un partenariat public/privé dans lequel l'Etat subventionne le projet à hauteur de 50 %, un concessionnaire peut être intéressé (TRI > 10%)

L'analyse du compte de surplus à 30 ans montre :

- Les usagers sont les principaux bénéficiaires, grâce aux gains de temps monétarisés (+11,7 MdF), qui résultent à la fois du temps gagné par ceux qui prennent l'autoroute, mais aussi de la réduction de la congestion pour ceux qui restent sur la route.
- Le surplus du concessionnaire est positif et égal à la VAN ; rappelons que cela résulte du fait qu'il ne supporte que 50% du coût de l'investissement, qu'il prend en charge l'ensemble des coûts d'exploitation, mais qu'il engrange la totalité des recettes de péages.
- Le surplus du gestionnaire de la voie ferrée est négatif, puisqu'il perd de la clientèle et donc des recettes par rapport à la situation de référence

- Le bilan en termes de coûts sociaux est largement positif, mais d'un ordre de grandeur près de 10 fois inférieur à celui des gains des usagers. Le gain en sécurité résulte du transfert sur l'autoroute où le risque d'accident est bien moindre ; le gain sur le bruit résulte d'une hypothèse de non urbanisation le long de l'autoroute, tandis que de nombreux riverains sont installés le long de la route ; enfin, les coûts de pollution augmentent, du fait de l'induction de la demande liée à la nouvelle offre.
- L'Etat est globalement bénéficiaire : si l'accroissement de la demande (induction liée à la nouvelle offre) génère un accroissement des recettes fiscales insuffisant pour couvrir l'investissement (surplus économique de l'Etat <0), la réduction des coûts d'insécurité routière (-1,2 MdF) et du bruit (-1,3 MdF) est largement supérieure à l'augmentation des coûts de la pollution atmosphérique (+0,2 MdF). Si l'on considère que ces coûts sociaux relèvent de la puissance publique, le bilan de l'Etat à 30 ans serait de +2,1 MdF !!!



Graphique 8 : Compte de surplus du scénario de base

Certes les hypothèses présentées ici sont spécifiques au cas théorique étudié et il n'est guère possible de généraliser ces tendances à tout projet autoroutier. Toutefois, cette présentation désagrégée des surplus permet de comprendre d'où vient la rentabilité du projet, et donc qui est gagnant ou perdant. Bien sûr ici, aucun mécanisme de compensation n'est introduit entre perdants et gagnants, si ce n'est de façon implicite les dépenses internalisées dans le coût d'investissement du projet autoroutier.

La présentation de ces résultats généraux n'a pour but ici que de servir de base pour l'étude de sensibilité.

### De nombreux facteurs de risques mais d'importance très inégale

La conduite de l'évaluation socio-économique d'un projet routier dans un contexte multimodal nécessite un grand nombre de données pour décrire les états comparés du système et leurs évolutions au cours du temps (cf. schéma 1). Chacune de ces données est connue avec plus ou moins de précisions et constitue donc une source potentielle d'erreur dont l'ampleur doit être appréciée pour éviter un jugement de valeur ambigu.

Sur la base du cas théorique développé pour le modèle Calceco, il est possible de tester par simulation ces différents effets. Afin de ne pas trop complexifier la présentation, l'analyse de sensibilité est limitée ici à la mesure de l'impact d'une « erreur » de +/- 10% sur les principales données utilisées. Les résultats sont regroupés par nature des variables testées. Seuls les impacts sur les deux principaux indicateurs de rentabilité sont présentés, à savoir le Taux de Rentabilité Interne socio-économique (TRI-se), mesure de l'utilité sociale, et le Taux de Rentabilité Interne Economique (TRI-e), mesure de la pertinence de l'investissement.

### ***Variables descriptives du niveau de service offert***

Cette première série de variables prend en compte les niveaux de service offerts par les différents modes de transport en concurrence. La capacité et la vitesse sont deux éléments qui jouent sur le niveau de congestion et sur les temps de parcours, donc sur l'avantage relatif offert par le projet.

Variables	TRI-se à 30 ans			TRI-e à 30 ans		
	- 10 %	+ 10 %	e	- 10 %	+ 10 %	e
Trafic existant à la mise en service	-11.1%	+8.8%	≈ + 1,0	-17.5%	+17.0%	≈ + 1,7
Capacité de la route	+5.3%	-7.0%	≈ - 0,6	+9.7%	-8.2%	≈ - 0,9
Vitesse moyenne de la route	+3.8%	-5.1%	≈ - 0,4	+16.3%	-15.8%	≈ - 1,6
Capacité de l'autoroute	-1.0%	+0.8%	≈ + 1,0	-3.6%	+2.8%	≈ + 0,3
Vitesse moyenne de l'autoroute	-6.1%	+4.8%	≈ + 0,5	-14.0%	+11.7%	≈ + 1,2
Vitesse moyenne du fer	+2.4%	-2.8%	≈ - 0,2	+1.2%	-1.6%	≈ - 0,1
Fréquence du fer	+2.1%	-1.2%	≈ - 0,2	+1.2%	-0.8%	≈ - 0,1

**Tableau 5 : Sensibilité aux niveaux de service offert**

On observe en premier lieu que les impacts sont différents pour les deux indicateurs. En effet le second ne prend en compte que les impacts monétaires résultant d'une variation de l'affectation du trafic entre les différents modes concurrents, tandis que le premier intègre les variations de surplus en termes de gains de temps.

Si l'alternative ferroviaire n'a qu'un impact faible sur les résultats, cela tient essentiellement au fort différentiel sur les plans du nombre d'usagers initial et du temps de parcours. A l'inverse, on observe des élasticités supérieures à 1 pour les vitesses de référence sur route et sur autoroute, résultat logique puisque ces variables sont à la base du calcul des temps de parcours et donc de l'affectation des trafics. On remarquera aussi l'importance du niveau de trafic initial dans la rentabilité économique : il est clair que le niveau de saturation initial joue grandement sur la rentabilité.

Soulignons que ces variables descriptives des niveaux de service sont très souvent implicites dans les études de projet et sont rarement discutées, alors que leur impact sur la rentabilité est loin d'être négligeable (élasticités supérieures à 1).

### ***Influence des coûts d'investissement du projet***

La seconde série de variables concerne directement l'investissement. Trois éléments peuvent être distingués : le premier concerne l'évaluation du coût du projet lui-même, variable centrale ; le second concerne les dépenses périodiques de grosses réparations, qui sont considérées en général comme des dépenses d'investissement : le rythme est d'environ une fois tous les 8 ans, d'après les documents techniques du ministère, et cela constitue une charge qui vient limiter l'excédent brut pour le concessionnaire ; le dernier concerne le coût des investissements édulés, c'est-à-dire les dépenses d'investissement évitées sur la route du fait du report sur l'autoroute.

Ce dernier point pose de nombreux problèmes méthodologiques, non résolus dans les instructions de calcul. En effet, la situation de référence est censée permettre de « maintenir le niveau de service », sans que ce niveau de service soit précisé ; dans la simulation opérée ici, nous avons choisi de maintenir la vitesse moyenne sur route au dessus de 40km/h, au moyen d'investissements de capacité déclenchés au fur et à mesure de la croissance des trafics. Il s'agit là d'une règle contestable, mais que nous avons retenu à défaut de prescriptions précises en la matière.

Variables	TRI-se à 30 ans			TRI-e à 30 ans		
	- 10 %	+ 10 %	e	- 10 %	+ 10 %	e
Coût d'investissement du projet	+6.1%	-5.4%	≈ -0,5	+13.1%	-11.7%	≈ - 1,2
Dépenses de grosses réparations sur autoroute	+0.1%	-0.1%	≈ - 0,01	+1.0%	-1.0%	≈ - 0,1
Investissements éludés de capacité	-0.0%	+0.0%	≈ +0,00	-0.7%	+0.7%	≈ +0,07

**Tableau 6 : Sensibilité aux coûts d'investissement**

Les résultats montrent que l'élasticité n'est supérieure à 1 que pour le coût d'investissement et relativement à la rentabilité économique. Rappelons cependant que les écarts entre les prévisions de coûts d'investissement et les réalisations sont souvent de 20 à 30% et donc qu'ils se traduiraient par une variation identique sur le TRI

#### ***Variables influençant la répartition des trafics***

Trois types de variables jouent ici un rôle au travers des coûts généralisés des déplacements. Il s'agit d'abord des paramètres jouant sur le niveau d'affectation de trafic sur la nouvelle infrastructure. Ensuite sont pris en compte les variables monétaires (coût d'usage de la voiture et montant du péage. Enfin, la valeur du temps, terme classique du coût généralisé.

Variables	TRI-se à 30 ans			TRI-e à 30 ans		
	- 10 %	+ 10 %	e	- 10 %	+ 10 %	e
Paramètres de choix modal (modèle)	-3,2%	+2,2%	≈ + 0,3	-3,2%	+2,8%	≈ + 0,3
Induction de trafic à la mise en service	-0,3%	+0,3%	≈ + 0,03	-1,6%	+1,6%	≈ + 0,2
Ratio jour moyen / année	-6,2%	+5,7%	≈ + 0,6	-15,1%	+14,0%	≈ + 1,4
Coût d'usage de la voiture (F/veh.km)	+5,9%	-6,2%	≈ - 0,6	+9,5%	-9,6%	≈ - 1,0%
Montant du péage (F)	+4,5 %	-5,2%	≈ - 0,5	+1,8%	-1,0%	≈ - 0,1
Valeur du temps (F/h)	-3,6%	+2,7%	≈ + 0,3	-6,7%	+5,7%	≈ + 0,6

**Tableau 7 : Sensibilité aux coûts généralisés**

Les deux premiers facteurs propres à la modélisation n'influencent que de manière très marginale les résultats. Par contre, on constate que la variation du ratio permettant de passer du jour moyen au trafic annuel a un impact considérable : ce paramètre, souvent implicite, vient multiplier les résultats journaliers par un facteur de l'ordre de 300 et donc a une influence directe sur les résultats (élasticité supérieure à 1).

La variation du coût d'usage de l'automobile est un facteur fort (élasticité proche de 1). A l'inverse, le montant du péage et surtout la valeur du temps ont une influence bien inférieure à ce que l'on pouvait penser. Ces résultats, a priori surprenants, s'expliquent facilement.

Une variation de 10% sur le péage reste marginale et ne vient pas bouleverser à court terme la répartition des trafics, alors que les différences sur les temps de transport sont très fortes et donc dominantes dans la répartition des usagers. Par contre, une variation non marginale de ce péage aurait un impact fort.

De même, la variation de la valeur du temps ne joue qu'indirectement sur la valeur physique des gains de temps (variation marginale du coût généralisé) dans une transformation structurelle de l'offre.

### ***La prise en compte des externalités***

Dernier domaine d'analyse, la prise en compte des effets négatifs monétarisés se limite, d'après le rapport Boiteux, aux seuls effets pour lesquels cette monétarisation est jugée actuellement pertinente. Quatre effets différents peuvent être analysés : le coût de l'insécurité routière, le bruit, la pollution locale de l'air et l'effet de serre.

L'analyse se limitera ici au TRI socio-économique, puisque seul ce dernier est influencé par ces valeurs

Variables	TRI-se à 30 ans		
	- 10 %	+ 10 %	e
Coûts de l'insécurité routière	-0,6%	+0,6%	≈ + 0,06
Bruit	-0,3%	+0,3%	≈ + 0,03
Pollution locale de l'air	+0,1%	-0,1%	≈ -0,01
Effet de serre	+0,01%	-0,01%	≈ - 0,001%

**Tableau 8 : Sensibilité aux coûts sociaux**

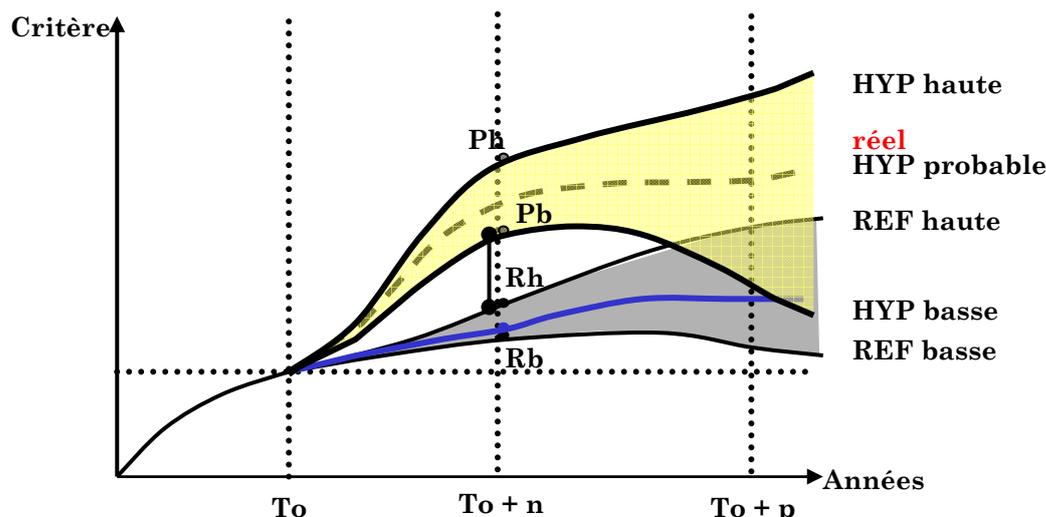
Les résultats du tableau précédant parlent d'eux-mêmes. Quelle que soit l'externalité concernée, les élasticités sont très faibles. Ceci tient à des valeurs normées trop faibles (particulièrement pour l'effet de serre) pour jouer un rôle dans l'orientation des investissements...

Le rapport Boiteux II a choisi des niveaux de valorisation différents. En particulier les coûts de l'insécurité routière ont été quasi doublés, ce qui devrait améliorer la rentabilité sociale collective. Par contre, sur la question de la pollution locale de l'air, l'hypothèse de progrès technique retenue conduit à une baisse des émissions par véhicule.km de 9,6%/an, ce qui ne devrait pas conférer à cette thématique un rôle quelconque pour les investissements de rase campagne.

Pour le bruit et l'effet de serre, les modes de calcul ont été changés, et il n'est pas possible en l'état de porter une appréciation sur l'impact de ces nouvelles valeurs sur l'utilité sociale des projets. Notons cependant que les valeurs du temps (qui sont beaucoup plus désagrégées, ce qui pose le problème de la finesse des modèles d'affectation et de prévision des trafics) sont devenues proportionnelles à la distance parcourue, mais également globalement inférieures à celles utilisées jusqu'à présent. Ce fait devrait conduire à réduire les TRI socio-économiques.

## ***2.2 La question centrale de l'incertitude***

Comme il l'a été rappelé plus haut, l'Analyse Coûts/Avantages est une méthode d'aide au choix des investissements, c'est-à-dire dans le cadre d'une évaluation a priori. Dès lors, l'objectif d'une telle analyse est de tenter de décrire quels seront les effets de l'investissement projeté dans le futur, qui par définition n'est pas connu.



**Graphique 9 : la question de l'incertitude dans les choix a priori**

Le graphique ci-dessus illustre la question de l'incertitude. En effet, la projection faite sur  $n$  années de l'évolution d'un critère donné (par exemple le trafic ou le nombre d'utilisateurs d'une ligne de transport) ne peut être déterministe : l'évolution de la conjoncture économique est relativement prévisible à court terme, mais elle devient vite floue lorsque l'on s'intéresse à ces horizons lointains, ce qui est le cas des infrastructures de transport.

Pour appréhender ce futur incertain, il est nécessaire de construire des scénarios sur la base de variables macro-économiques décrivant l'évolution de l'environnement du projet. Le but de ces scénarios est à la fois de tenir compte d'impacts variables selon le contexte, mais également de tenter de construire un **cône d'incertitude**, dont le but est d'évaluer une sorte d'intervalle de confiance sur la validité des résultats. Ceci permet de garantir un impact minimal du projet.

La construction de tels scénarios est délicate, puisqu'il s'agit d'un travail de prospective sur l'évolution socio-économique de la société. Plus l'horizon sera lointain, plus le cône d'incertitude s'agrandira, jusqu'à rendre la mesure des effets non significative. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle l'évaluation se limite très souvent à une durée de vie de trente ans, car au-delà les modèles de prévision de trafic, fondés sur une certaine stabilité des règles de comportements, ne sont plus pertinents.

Dans le cadre de ce modèle théorique, tous les impacts potentiels n'ont pas été analysés, et notamment la question de la distribution des activités et de la population sur le territoire en question. La dynamique du système analysé se limite ici à la prise en compte de deux familles de critères :

- La première concerne l'évolution de la demande de transport, résultat du processus de croissance (économique, démographique) et de relocalisation des activités. Il est défini un **taux de croissance de la demande**, variable selon les périodes. À défaut de travailler sur un espace identifié, les hypothèses reprises sont celles de l'Union Européenne, à savoir dans le scénario de base, une croissance de 2,5% jusqu'en 2015, de 1,25 % jusqu'en 2025 et de 0% au-delà.
- La seconde porte sur **l'évolution des valeurs unitaires** des paramètres au cours du temps. Ainsi, il est recommandé d'introduire par exemple une augmentation de la valeur du temps, représentative de l'évolution des revenus des individus ; mais il est tout aussi pertinent d'introduire le progrès technique, par une baisse de consommation au km, ou par une baisse des émissions unitaires de polluant. Il est également possible de simuler une évolution des attentes de la société par une croissance (ou une baisse) des valeurs unitaires de monétarisation des effets externes négatifs...

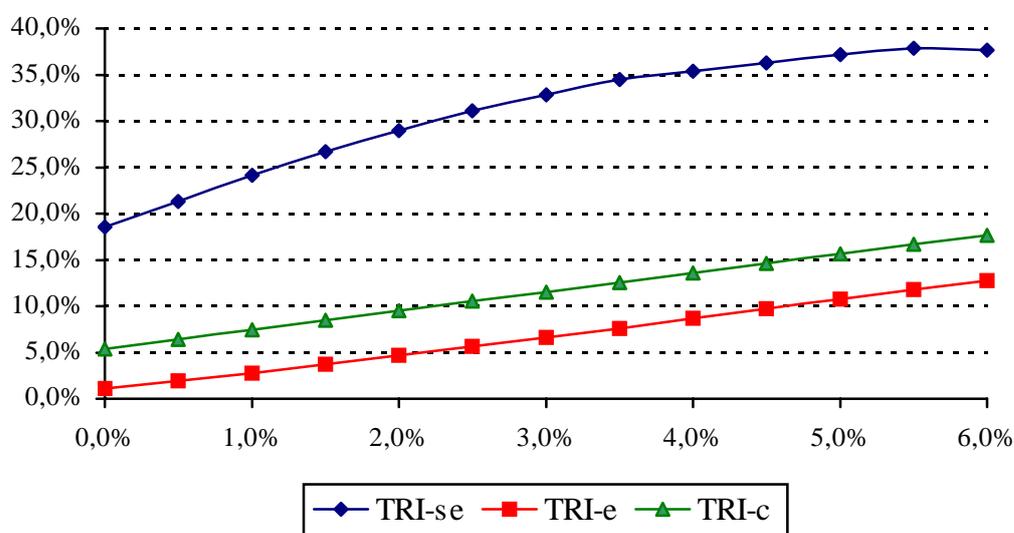
Plus généralement, la construction des scénarios peut introduire des variations de chacun des paramètres nécessaires au calcul. En ce sens, l'étude de sensibilité permet d'identifier les facteurs

les plus susceptibles de modifier les résultats, et l'introduction d'un facteur de croissance pour ces derniers conduira à des évaluations différentes.

Pour illustrer l'impact de ces scénarios sur les résultats, deux cas particuliers peuvent être rapidement présentés : le premier porte sur l'hypothèse de croissance de la demande, le second sur la prise en compte de la sensibilité du décideur.

## La croissance de la demande

La rentabilité d'une infrastructure de transport dépend bien sûr du trafic supporté et l'introduction d'un taux de croissance de la demande est de nature à améliorer sensiblement les résultats. Une analyse de la sensibilité de ce facteur en le faisant varier de +/- 10% montre une élasticité de l'ordre de 0,3. Ce taux peut paraître faible, mais il s'agit en fait d'une variation sur un taux de croissance. Or très souvent, lors de la construction de scénarios, les hypothèses contrastées pour simuler des futurs différents sont dans des rapports de 1 à 2, voire plus !



**Graphique 10 : évolution de la rentabilité selon le taux de croissance de la demande**

Ce graphique montre ainsi comment le taux de croissance joue sur le cas théorique étudié. Nous avons fait varier le taux de croissance annuel, tout en respectant la structure du scénario de base : le taux de base s'applique jusqu'en 2015, puis la moitié de ce taux jusqu'en 2025 et une croissance nulle au delà. L'élasticité sur le TRI économique est par exemple de 0,9, si bien qu'en doublant le taux de croissance (passage de 2% à 4%), le TRI-e augmente de 90% (il passe de 4,7% à 8,7%). De même, l'élasticité au TRI du concessionnaire est de 0,5, tandis que sur le TRI socio-économique est plus faible et non constante (elle varie ici de 0,4 à 0,15), ce phénomène tenant à l'apparition d'une congestion progressive sur l'autoroute : en effet, à 5% de croissance annuelle constant sur 30 ans, la demande est multipliée par plus de 4 !

Cette forte influence du taux de croissance de la demande ne fait que rappeler qu'en matière d'infrastructures de transport, on anticipe toujours sur la congestion : le dimensionnement (et donc le coût du projet) vise à satisfaire un usage futur. Soulignons toutefois ici que la prise en compte d'investissements éludés joue de deux façons contradictoires sur la rentabilité :

1 – en prenant en compte une certaine adéquation de l'offre à la demande en situation de référence, on est dans un contexte plus réaliste. En effet, sans investissement de capacité et en cas de fort taux de croissance de la demande, les infrastructures existantes seraient rapidement saturées, ce qui induit une forte augmentation des temps de parcours, et donc une augmentation proportionnelle des gains de temps en situation de projet. La non prise en compte d'investissement éludés tend à surestimer les gains de temps et favorise la rentabilité.

2 – la prise en compte des investissements édulés dans le bilan vient réduire le coût d'investissement du projet : on travaille donc sur un différentiel d'investissement, et cette réduction favorise une meilleure rentabilité.

Il existe cependant une différence d'impact des deux méthodes, puisque dans le premier cas le bilan dépend surtout de la valorisation des gains de temps (impact sur le surplus des usagers et donc l'utilité sociale du projet ; impact sur la répartition des trafics et donc sur la rentabilité économique et financière). Dans le second cas, l'impact est favorable sur la rentabilité socio-économique et la rentabilité économique, mais pas sur la rentabilité financière (puisque les investissements édulés sont un gain pour la puissance publique, mais n'apparaissent pas toujours dans la VAN du concessionnaire : dans notre cas d'étude, ils concernent le réseau routier non concédé).

Il importe pour conclure de souligner encore une fois l'importance du taux de croissance de la demande dans les scénarios décrivant les futurs possibles. Son fort impact sur la rentabilité nécessite donc **d'apporter un soin tout particulier à la construction et à la validation des scénarios**. Ce point est encore trop souvent négligé dans les analyses. Rappelons cependant que la définition des hypothèses macro-économiques servant aux scénarios fait l'objet d'un travail des instances de planification gouvernementales, de façon à ce que tous les projets prévus à une période donnée soient évalués sur les mêmes bases. Cet exercice a déjà été mené dans le cadre de l'élaboration des Schémas de Services Collectifs et devrait être actualisé régulièrement.

## De la sensibilité des décideurs ...

L'étude de sensibilité aux différents paramètres de calcul et la prise en compte de l'incertitude par le biais des scénarios descriptifs des futurs possibles montrent que les résultats de l'Analyse Coûts/Avantages dépendent très fortement des hypothèses retenues. Afin d'illustrer l'ampleur des variations possibles, nous avons construit deux scénarios sous forme de variations faibles de chacun des paramètres.

Certes il s'agit là d'un exercice purement théorique, établi de façon à cumuler les erreurs potentielles dans l'estimation de la valeur de chaque paramètre, que nous avons fait varier de +/- 10% dans le sens recherché. On pourrait ainsi assimiler ce cumul d'erreur à l'expression de la « sensibilité du décideur ». Construits autour du scénario de base, ces deux variantes manifestent pour la première une « **préférence pour l'environnement** » et la seconde une « **préférence pour la vitesse** », ce qui ne fait que traduire des débats très actuels dans la société.

Un total de 18 variables sont ainsi modifiées de +/- 10%, à chaque fois dans le sens de la préférence du décideur. Ce sont bien sûr les variables significatives de ces préférences, certaines ayant une élasticité forte, d'autres non. Le tableau 10 résume ces variations.

Les résultats obtenus sont assez surprenants par l'ampleur de la variation de l'état du système et des indicateurs de rentabilité :

- La croissance de la demande de transport en 2035 varie de 50% ! Les trafics pour chaque mode en concurrence varient de 20 à 75 % !
- La répartition modale varie dans certains cas de 10 %, mais dans d'autres de 40% !
- Sur le plan de la rentabilité, le TRI socio-économique varie de 40%, le TRI économique de 65 % et le TRI du concessionnaire de 45 % environ !

Bien que cet exercice n'ait a priori pas de sens dans la réalité, il a l'avantage de montrer de façon claire que le choix des hypothèses n'est pas neutre et a une influence décisive sur le jugement de valeur qui sera porté sur le projet d'investissement. Cela souligne une nouvelle fois toute la justesse des remarques du rapport Boiteux I quant aux respects des règles de mise en œuvre du calcul économique : **on ne peut juger de la pertinence d'une évaluation que dans la mesure où les hypothèses de calcul sont explicites**, et la première page d'un rapport d'évaluation devrait porter sur la description, la justification et la validation des hypothèses de calcul. C'est à cette seule condition que l'on peut éviter la pratique bureaucratique du calcul économique.

Scénarios	1 Préférence pour l'environnement	2 Préférence pour la vitesse
<b>Hypothèses macro-économiques</b>		
Ratio jour moyen / année	- 10%	+ 10%
Taux de croissance annuelle de la demande	- 10%	+ 10%
Consommation de carburant au km	- 10%	+ 10%
Taxes sur les carburants	+ 10%	- 10%
Prix du carburant	+ 10%	- 10%
<b>Caractéristiques des systèmes de transport</b>		
Trafic existant à la mise en service	- 10%	+ 10%
Vitesse sur la route	- 10%	+ 10%
Capacité de l'autoroute	- 10%	+ 10%
Vitesse sur l'autoroute	- 10%	+ 10%
<b>Variables influençant la répartition des trafics</b>		
Induction de trafic à la mise en service	- 10%	+ 10%
Coût kilométrique d'usage de l'automobile	+ 10%	- 10%
Montant du péage	+ 10%	- 10%
Valeurs du temps	- 10%	+ 10%
<b>Coûts d'investissement et de maintenance</b>		
Coût d'investissement du projet	+ 10%	- 10%
<b>Coûts sociaux</b>		
Insécurité routière	+ 10%	- 10%
Bruit	+ 10%	- 10%
Pollution locale de l'air	+ 10%	- 10%
Effet de serre	+ 10%	- 10%

**Tableau 9 : Variation des valeurs de base pour les scénarios de sensibilité du décideur**

Scénarios	Scénario de base	1 Préférence Environnement	2 Préférence Vitesse	Elasticité globale
<b>Evolution des trafics (2035 / 1995)</b>				
Route (référence)	+107 %	+80 %	+127 %	≈ 2,5
Fer (référence)	+40 %	+70 %	+24 %	4 - 7,5
Route	-43 %	-26 %	-50 %	4 - 1,5
Autoroute	+182 %	+142 %	+218 %	≈ 2
Fer	+13 %	+6 %	+21 %	≈ 5,5
<b>Croissance de la demande en 2035</b>	+8.9 %	+4.1 %	+15.0 %	≈ 5
<b>Répartition modale en 2035</b>				
Route (référence)	80 %	72 %	84 %	≈ 1
Fer (référence)	20 %	28 %	16 %	2 - 4
Route	20 %	29 %	16 %	2 - 4
Autoroute	65 %	55 %	71 %	≈ 1
Fer	15 %	17 %	13 %	≈ 1
<b>Rentabilité</b>				
TRI socio-économique	25.5 %	14.6 %	36.2 %	≈ 4

TRI économique	5.5 %	1.7 %	9.0 %	≈ 6,5
TRI concessionnaire	10.3 %	5.5 %	15.0 %	≈ 4,5

**Tableau 10 : Comparaison des scénarios**

### ***2.3. Besoins de financement public dans le partenariat public/privé***

Les nouvelles règles de non adossement conduisent tout candidat à la concession à rechercher une rentabilité financière propre pour chaque tronçon d'autoroute concédée. Ceci suppose qu'au delà des prévisions de trafic, et sans rapport direct avec l'utilité sociale du projet, des règles précises de partage des charges et des recettes soient établis entre les partenaires.

Après avoir rappelé brièvement le changement des règles de concession pour la réalisation et l'exploitation des infrastructures autoroutières, nous présenterons comment peut être évalué le besoin de financement public pour assurer la faisabilité financière d'un partenariat. Enfin, sur la base d'un modèle théorique de calcul du besoin de financement public, nous présenterons quelques simulations pour montrer les marges de manœuvre potentielles pour une négociation du montant de la contribution publique.

#### **Les nouvelles règles de concession : la fin de l'adossement**

Le système de l'adossement a permis de financer la réalisation de nouvelles autoroutes par des emprunts gagés sur les recettes des concessions des sections autoroutières déjà amorties, dont la durée de concession est allongée pour compenser la prise en charge de la nouvelle liaison par la société désignée.

Jusqu'à présent, l'attribution des concessions était régie par la loi du 18 avril 1955 portant statut des autoroutes. Deux principes directeurs sous-tendent cette loi : l'Etat peut choisir librement le concessionnaire, selon le principe de *l'intuitu personae* ; le choix de l'Etat est guidé par une logique géographique et de solidarité financière.

La loi de 1955 autorisait l'affectation du produit du péage à l'extension de l'autoroute. La possibilité d'extension a ainsi été interprétée comme s'appliquant à toute section nouvelle quelle qu'en soit la longueur, la cohérence et la continuité avec les sections en exploitation.

A l'origine, les concessions étaient spécifiques à chaque section autoroutière homogène, éventuellement avec des dates d'expiration échelonnées, mais dans la pratique l'Etat a accordé des concessions globales, ce qui renforce les effets de l'adossement. L'allongement de la concession équivaut en effet à un apport financier : l'extension des concessions dans lesquelles sont maintenues les segments les plus rentables et dont les emprunts ont déjà été amortis permettent de financer des sections nouvelles, quelle qu'en soit la rentabilité. D'après la Cour des Comptes (rapport de 1992), les péages sur ces segments déjà amortis dépassent largement ce qui est nécessaire pour couvrir les frais d'exploitation.

Ce mécanisme de financement des autoroutes aboutit à une fermeture du marché : seules les sociétés déjà titulaires de concessions peuvent obtenir une nouvelle concession, puisqu'il leur est nécessaire de puiser dans les recettes des segments déjà exploités, grâce à l'allongement des concessions sur ces segments, pour financer la construction des nouveaux segments. Ceux-ci ne pourraient pas être concédés dans d'autres conditions, dans la mesure où ils ne sont la plupart du temps pas rentables.

La directive du Conseil des Communautés Européennes du 18 juillet 1989 (remplacée par une directive du 14 juin 1993) a modifié la directive portant coordination des procédures de passation des marchés publics de travaux. Désormais les nouvelles concessions de plus de 5 millions d'euros doivent être mises en publicité. Les pouvoirs adjudicateurs doivent faire connaître au moyen d'un avis indicatif les caractéristiques essentielles des marchés des travaux qu'ils entendent passer. Les Etats membres devaient transposer en droit interne les dispositions de cette directive avant le 22 juillet 1990.

La loi relative à la transparence et à la régularité des procédures de marché n'a pourtant été votée que le 3 janvier 1991. Le décret d'application définissant les mesures de publicité à respecter a quant à lui été pris le 31 mars 1992.

Sur cette base, le Conseil d'Etat a pu annuler la délibération du 18 juillet 1991 du Conseil de la COURLY approuvant le contrat de concession, ainsi que la décision de son président en date du 19 juillet 1991 de signer la convention de concession du boulevard périphérique Nord de Lyon. La délibération avait été prise en l'absence de publicité et était fondée sur des règles de droit incompatibles avec le droit communautaire. Cette obligation de mise en concurrence a été confirmée par la loi « Sapin » du 29 janvier 1993 relative à la prévention de la corruption et à la transparence de la vie publique.

Ce nouveau régime juridique remet en cause le fonctionnement du système de l'adossement tel qu'il a été pratiqué jusque là, puisque désormais l'Etat est soumis à une obligation de mise en publicité dans le respect des règles et principes d'égalité de traitement et de non discrimination. L'article 38 de la loi du 3 janvier 1991 précise en effet que la mise en publicité doit permettre la présentation de plusieurs offres concurrentes, ce qui n'est évidemment pas possible pour les segments financés par l'adossement.

L'adossement ne constitue pas en lui-même une entrave à la concurrence, mais ses conditions de mise en œuvre peuvent éventuellement entraîner une inégalité de traitement des candidats. La Commission Européenne admet ainsi que l'attribution d'une concession puisse se faire à la fois sur un ouvrage rentable et sur un ouvrage non rentable, permettant ainsi une forme de mutualisation. L'adossement par allongement des concessions ne paraît par contre pas conciliable avec l'égalité de traitement des candidats. La Commission estime que tout allongement de concession s'assimile à une concession nouvelle et doit faire l'objet d'une mise en publicité spécifique en bonne et due forme.

La directive « travaux » sur le plan communautaire, et la loi du 29 janvier 1993 sur le plan national, imposent une évolution du système de mise en concession. La mise en publicité suppose que soit instauré un mode d'attribution garantissant un égal accès des candidats à la concession. Chaque candidat doit donc bénéficier des mêmes conditions de traitement de la part du concédant. Ainsi si la section mise en publicité n'est pas rentable les candidats devraient avoir accès à une subvention équilibrant la concession. Cette subvention ne peut pas passer par l'allongement de la concession existante d'un candidat, car cela poserait des problèmes juridiques importants : l'Etat pourrait être accusé de favoriser le candidat en place ; la comparaison de deux offres, l'une avec adossement, l'autre avec subvention directe, serait très complexe et source de contentieux (en raison notamment de la sensibilité de la valeur d'un an de concession aux différents paramètres : hypothèses de trafic, de tarifs, etc.).

Un système transitoire a fonctionné jusqu'au 31 décembre 1997 pour certaines sections dont le concessionnaire avait été désigné de façon informelle (par lettre du ministère de l'équipement) avant l'entrée en vigueur de la directive et qui avaient été intégrées sous forme de simple mention dans les cahiers des charges des concessions après le 22 juillet 1990 sans publicité préalable. Un décret du 21 février 1994 a dispensé de l'obligation de publicité les contrats dont le titulaire avait été pressenti avant le 22 juillet 1990 et avait engagé des études et des travaux préliminaires.

Dans une lettre à la Commission Européenne, le ministre chargé des transports a souligné que toutes les mises en concession nouvelles pour lesquelles aucun engagement antérieur au 22 juillet 1990 ne liait l'Etat français avaient été réalisées dans le strict respect des dispositions communautaires. La direction des routes indique que depuis avril 1993 les appels à candidature pour la concession de nouvelles sections autoroutières ont respecté strictement les dispositions de la directive « travaux ».

Au 31 décembre 1998, dix avis de mise en publicité avaient été publiés au Journal officiel des Communautés européennes. Deux ont été abandonnées (la DUP de l'A 400 a été annulée par le Conseil d'Etat, la construction de la RN 10 se fait sans recours à la concession), deux autres procédures ont été stoppées (par défaut de rentabilité et oppositions locales au projet). L'attribution de la concession de l'A 19 est douteuse et devra faire l'objet d'un nouvel avis de publicité. Pour l'A 41 l'offre d'un groupe de travaux publics a été refusée pour diverses raisons (montant des tarifs, faisabilité juridique du montage financier. Une autre société (ATMB)

demandant un adossement en raison de la faible rentabilité du projet, la signature de l'avenant a été différée dans l'attente d'un avis du Conseil d'Etat. Le conseil d'Etat devra différencier ou non l'adossement de l'offre dite « corporate », suite au conflit entre COFIROUTE et le groupement ARYS pour la concession de l'A 86 Ouest. COFIROUTE avait en effet proposé une concession sur 70 ans, contre 28 pour l'offre ARYS. Le groupement ARYS estime qu'il y a eu adossement, et suite au rejet de sa requête auprès du tribunal administratif de Paris, il a fait un recours devant le Conseil d'Etat.

Seules trois procédures ont abouti à la conclusion d'un avenant de concession, dont deux pour lesquelles il n'y a pas eu réunion de la commission consultative de choix en raison d'une unique candidature. Dans le cas de la liaison Pont de Normandie-A 13, un adossement avec allongement de trois ans de la concession de la SAPN a été nécessaire, car la liaison seule (sans le pont de Normandie) n'était pas rentable. Il y a donc eu mutualisation des deux projets en une seule concession globale, ce qui revient à allonger la concession de la SAPN pour le Pont de Normandie de trois ans.

Le mécanisme de l'adossement aurait du faire l'objet d'une surveillance à la mesure des facilités qu'il offrait. Il n'en a rien été car l'extension du réseau routier s'est faite de façon autonome sans s'inscrire dans une véritable planification intermodale et concertée des infrastructures de transport. Cette dynamique a été d'autant moins contrôlée que la procédure de décision et les études préalables étaient loin d'éclairer suffisamment des décisions largement déterminées par le mode de financement.

La Cour des Comptes regrette ainsi que le système de l'adossement ait permis le financement de projets non rentables, qui, soit dans une logique de pur investissement privé, soit dans une logique de pur investissement public, n'aurait pas été réalisé. Le respect des dispositions de la directive « travaux » depuis 1993 montre bien qu'un certain nombre de projets n'aboutissent pas par manque de rentabilité.

Si l'Etat souhaite construire malgré tout de telles autoroutes, en raison d'objectifs d'aménagement du territoire, par exemple, il ne pourra plus avoir recours à l'adossement, sauf dans le cas d'une concession nouvelle englobant un segment rentable et un autre qui ne l'est pas. Lorsque cela n'est pas possible, il devra financer directement la construction de ces autoroutes, c'est pourquoi il a été nécessaire de prélever la TVA sur les péages autoroutiers, afin de dégager de nouvelles recettes palliant à la suppression de l'adossement. De la même manière, l'Etat va solliciter davantage les collectivités locales, dans la mesure où elles bénéficient de l'autoroute sans en payer jusque là le prix.

## **La détermination du montant de la subvention publique**

Dans une hypothèse simple, telle que retenue dans le modèle théorique précédent, le concessionnaire a à sa charge l'ensemble des dépenses d'exploitation (maintenance, y compris grosses réparations périodiques, frais de péage), mais bénéficie de l'intégralité des recettes de péages. Le montage financier consiste donc à définir, au vu de l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) attendu tout au long de la concession, comment ce flux peut servir à couvrir d'une part la rémunération des fonds propres de cet opérateur, d'autre part le remboursement du principal et des intérêts des emprunts.

- Le **besoin de financement public** découle directement de la différence entre le coût de l'investissement et le total des apports du concessionnaire (fonds propres et emprunts - voire quasi fonds propres, du type titres convertibles en actions) :

$$\text{Subvention} = (\text{Investissement}) - (\text{Fonds Propres}) - (\text{Emprunts})$$

- La détermination du **montant des fonds propres** dépend de trois facteurs principaux : le taux de rentabilité escompté, la durée de la concession, et la part de l'EBE que l'on peut consacrer pour couvrir ces fonds propres et leur rémunération.

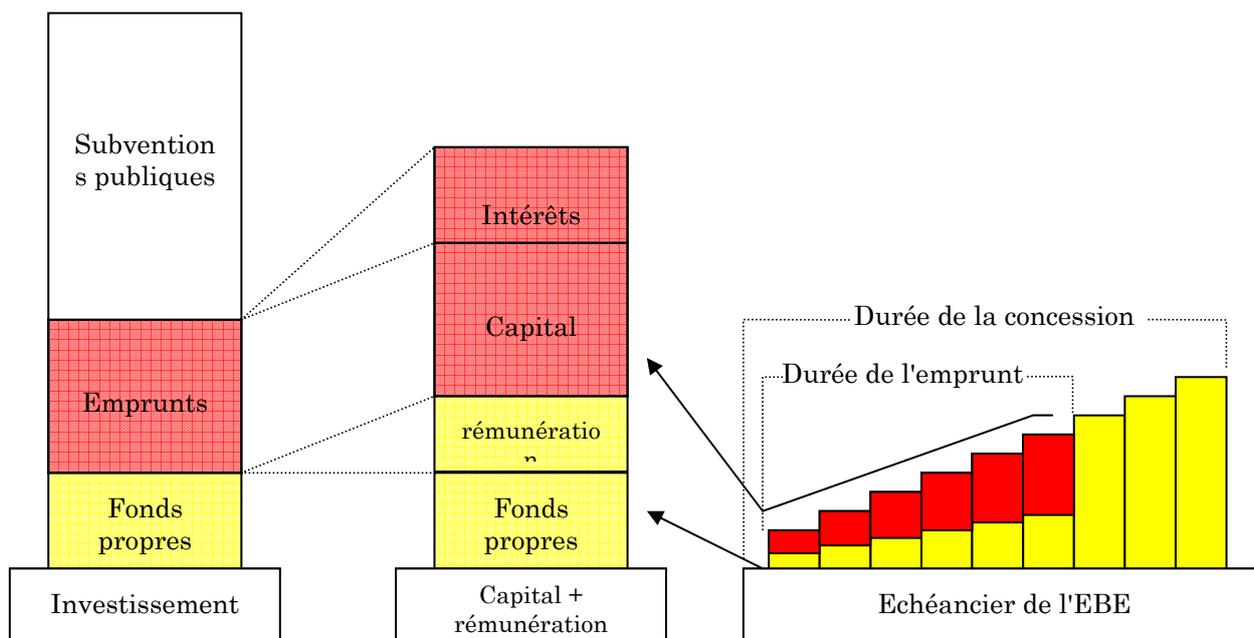
- La détermination du **montant des emprunts** se fait selon la même logique : le taux d'intérêt, la durée des emprunts, et la part de l'EBE qui peut être consacrée à couvrir le capital et les intérêts.

Le **taux de rentabilité escompté** des fonds propres résulte de l'intérêt de l'opérateur qui agit ici comme tout investisseur privé dans le placement de son capital, en fonction de la rentabilité escomptée d'autres placements, du risque financier sur l'opération et bien sûr de la rémunération des actionnaires. On se situe ici dans des TRI objectifs en général supérieurs à 12 %.

Le **Taux d'intérêt bancaire** résulte de la situation des marchés financiers et dépend bien sûr des risques propres à l'investissement, des garanties de l'emprunteur et enfin de la durée des emprunts.

L'**Excédent Brut d'Exploitation** découle directement des caractéristiques du projet en question. On retrouve ici la question de la construction de l'échéancier des recettes et des dépenses, avec les risques et incertitudes décrites précédemment. La perspective d'un taux de croissance élevé de la demande, l'ajustement des prix pour une tarification optimale sont des facteurs permettant de maximiser l'évolution de cet EBE sur la durée de la concession.

Le schéma ci-après résume le processus de détermination du montant des fonds propres et des emprunts, et par conséquent du montant de la subvention publique nécessaire pour couvrir l'investissement total.



**Schéma 3 : Détermination du montant des fonds propres, emprunts et subventions publiques**

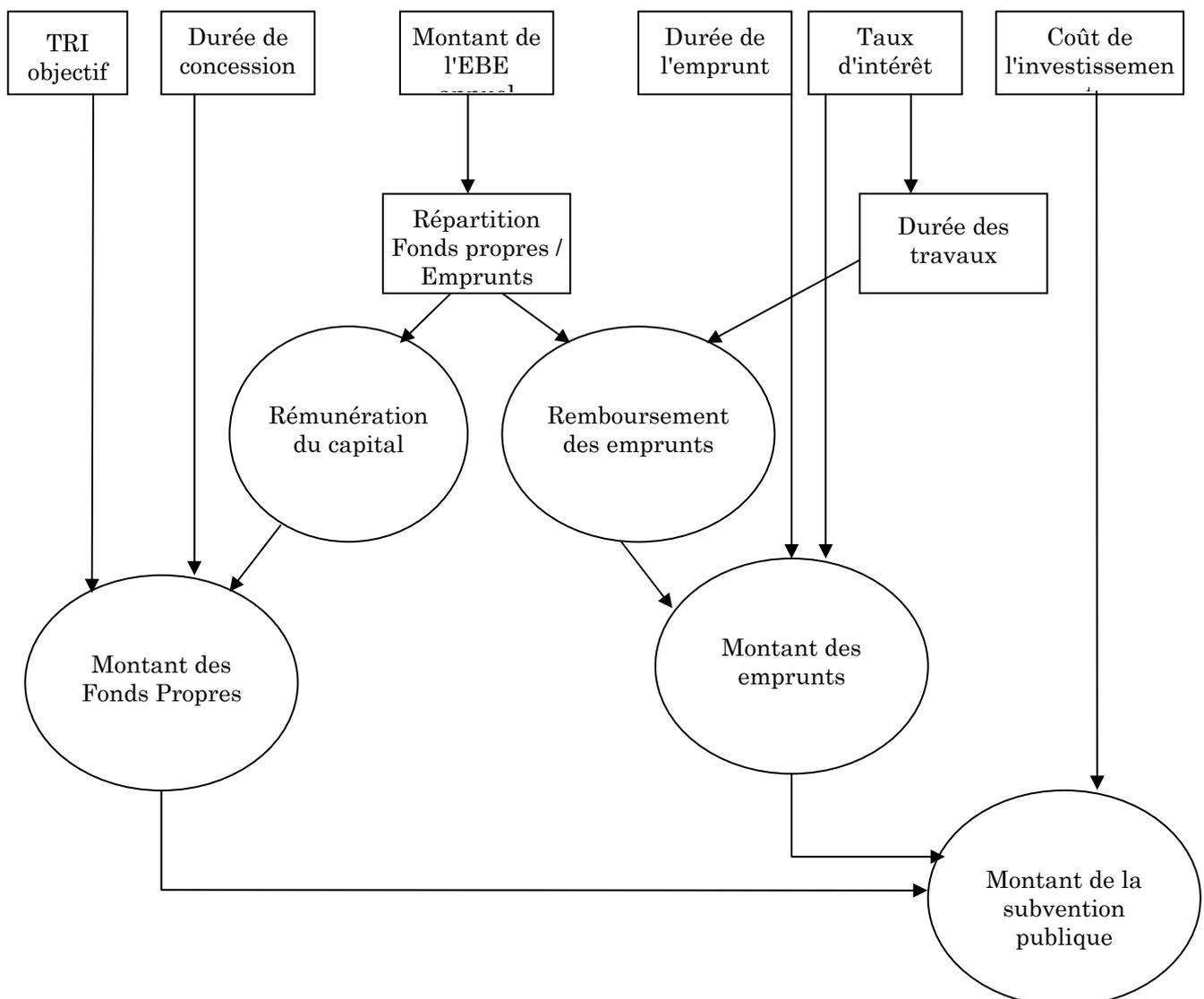
Ainsi, neuf variables permettent de façon simplifiée de calculer le montant de chacune des contributions au financement de l'opération. Il s'agit des variables suivantes :

- **le coût de l'investissement,**  
il s'agit du coût total du projet
- **la durée des travaux,**  
qui va jouer sur le bilan actualisé et sur les frais financiers (intérêts intercalaires)
- **la durée de concession**  
qui est ici une durée conventionnelle, éventuellement inférieure à la durée de vie du projet, mais qui peut être supérieure à la durée retenue pour l'évaluation
- **le Taux de Rentabilité Interne visé par le concessionnaire**

ce TRI « objectif » permet de calculer le montant maximal des fonds propres, c'est-à-dire celui qui prend en compte la couverture du risque, la rémunération du capital et le taux escompté sur d'autres placements sans risques

- **le taux d'intérêt des emprunts**  
qui dépend des marchés financiers, de la durée d'emprunt et des garanties
- **la durée de l'emprunt ;**
- **l'Excédent Brut d'Exploitation (EBE) à l'année de mise en service**  
estimé en fonction des recettes et des coûts d'exploitation, hors frais financiers
- **le taux de croissance de l'EBE**  
mécanisme simplifié de représentation de l'évolution du bénéfice, et qui dépend des scénarios descriptifs du futur
- **la répartition de l'EBE entre le remboursement de l'emprunt (annuités) et la rémunération du capital**  
ce paramètre permet de choisir entre une affectation maximale au remboursement des emprunts (taux = 0%) et une rétribution des fonds propres ; cela peut donner lieu à la recherche d'un taux optimal pour minimiser la subvention publique.

Le schéma suivant présente la structure du modèle simplifié de calcul des contributions au financement.



#### Schéma 4 : Structure du modèle de calcul des contributions financières

A partir des hypothèses sur le montant de l'EBE et sur son évolution dans le temps (donc sur les dépenses et les recettes), on détermine quelles sommes pourront être consacrées à la rémunération du capital et au remboursement des emprunts. La répartition de l'EBE entre ces deux postes est déterminée de façon exogène.

Les sommes pouvant être consacrées chaque année à la rémunération du capital et au remboursement des emprunts permettent alors de calculer le montant des fonds propres engagés et le montant des emprunts à souscrire.

- **Le montant des fonds propres** dépend de l'EBE et de sa répartition (part de l'EBE affectée à la rémunération du capital), du TRI objectif, et de la durée de vie de l'ouvrage. A l'année 0 (année d'actualisation), le montant du capital apparaît dans l'EBE comme un solde négatif : la Valeur Actuelle Nette (VAN) est négative car aucun bénéfice (recettes moins coûts) n'est encore venu compensé le solde négatif lié aux investissements consentis. A l'année 1, l'EBE est positif puisque le concessionnaire aura perçu des recettes. Cet EBE est actualisé en fonction du TRI objectif (valeur du taux d'actualisation pour laquelle la VAN est nulle au terme de la vie de l'ouvrage) et vient accroître la VAN. En supposant que cet EBE soit le même chaque année, le montant de l'EBE actualisé diminue au fil du temps, du fait de l'actualisation. Chaque année la VAN augmente, de telle sorte qu'au terme de la durée de vie de l'ouvrage, elle est égale à 0. Le montant des fonds propres est donc calculé de telle manière qu'au terme de la durée de vie de l'ouvrage, en fonction d'un EBE donné et d'un TRI objectif, la VAN soit égale à 0.
- **Le montant des emprunts** dépend de l'EBE et de sa répartition (part de l'EBE affectée au remboursement des emprunts), du taux d'intérêt et de la durée de l'emprunt. On suppose que les annuités sont constantes. Le montant de la part de l'EBE affectée au remboursement des emprunts correspond au montant des annuités. Le montant de chaque annuité est composé de deux parties, les intérêts et le capital. Le taux s'appliquant sur la totalité de la somme restant à rembourser, le montant des intérêts versés diminue chaque année, et de fait, le montant du capital remboursé augmente puisque les annuités sont constantes. Le montant des emprunts contractables est donc calculé de telle manière que la somme des annuités au terme de la durée de l'emprunt soit égale à la somme du capital et des intérêts versés. Autrement dit, on calcule le montant des emprunts contractables pour que l'emprunt soit remboursé en totalité au terme d'une période donnée, en fonction de ce qui peut être remboursé chaque année et du taux d'intérêt.
- **Le montant de la subvention publique** nécessaire pour la réalisation de l'ouvrage correspond alors à la différence entre le montant des investissements, et la somme des fonds propres investis par le concessionnaire et des emprunts contractés.

#### Résultats des simulations

Un certain nombre de simulations ont été réalisés pour évaluer la sensibilité du modèle aux différentes variables. Pour ce faire, nous avons posé un certain nombre d'hypothèses ; certaines sont considérées comme fixes, d'autres font l'objet de variations. Elles apparaissent comme relativement réalistes compte tenu des projets de transport réalisés.

Nous considérons le cas d'un projet dont l'investissement s'élève à 3 milliards d'€, dont la durée des travaux est de 5 ans et la durée de vie de 30 ans. L'EBE défini comme la différence des recettes et des dépenses au cours de la durée de vie de l'investissement s'élève à 100 millions d'€ par an avec un taux de croissance uniforme de 3% pour la période. Ainsi dans le cas d'un projet d'infrastructure à péage, une augmentation de la tarification ou un accroissement des trafics, améliorent l'EBE toutes choses égales par ailleurs.

**Tableau 11 : Principales hypothèses**

<b>Hypothèses fixes</b>	
Coût de l'investissement	3 Milliards d'€
Durée des travaux (années)	5
Durée de vie (années)	30
EBE annuel	100 millions d'€
<b>Hypothèses variables</b>	
Taux de rentabilité interne (TRI) objectif des fonds propres	15%
Taux d'intérêt des emprunts	4%
Durée d'emprunt (années)	10
Taux de croissance de l'EBE	3%
Répartition fonds propres / emprunt	50%

Pour chacune des simulations réalisées et dans un souci de clarté, nous ne modifierons qu'une seule des hypothèses variables, les autres restant au niveau où elles sont indiquées dans le tableau 11. Cette situation de référence permet de mettre davantage en évidence les impacts de chacune des variables envisagées.

**Tableau 12 : Résultats du scénario de base**

Montant des fonds propres	388 981 K€
% capital	12,97%
Montant des emprunts	425 096 K€
% emprunts	14,17%
Montant subventions publiques	2 185 923 K€
% subvention	72,86%

Dans un premier temps (cas 1 à 5), le modèle vise à mesurer la sensibilité du besoin de subvention publique à chacun des paramètres pris isolément (les autres étant constants et égaux aux valeurs indiquées ci-dessus), afin de mesurer les ordres de grandeurs en cause.

Dans une dernière étape (cas 6), nous présentons sous forme d'abaque l'effet cumulé de trois paramètres principaux, afin de pouvoir comparer les effets relatifs de chacun d'eux.

### Cas 1 : Variation de la répartition fonds propres/emprunt

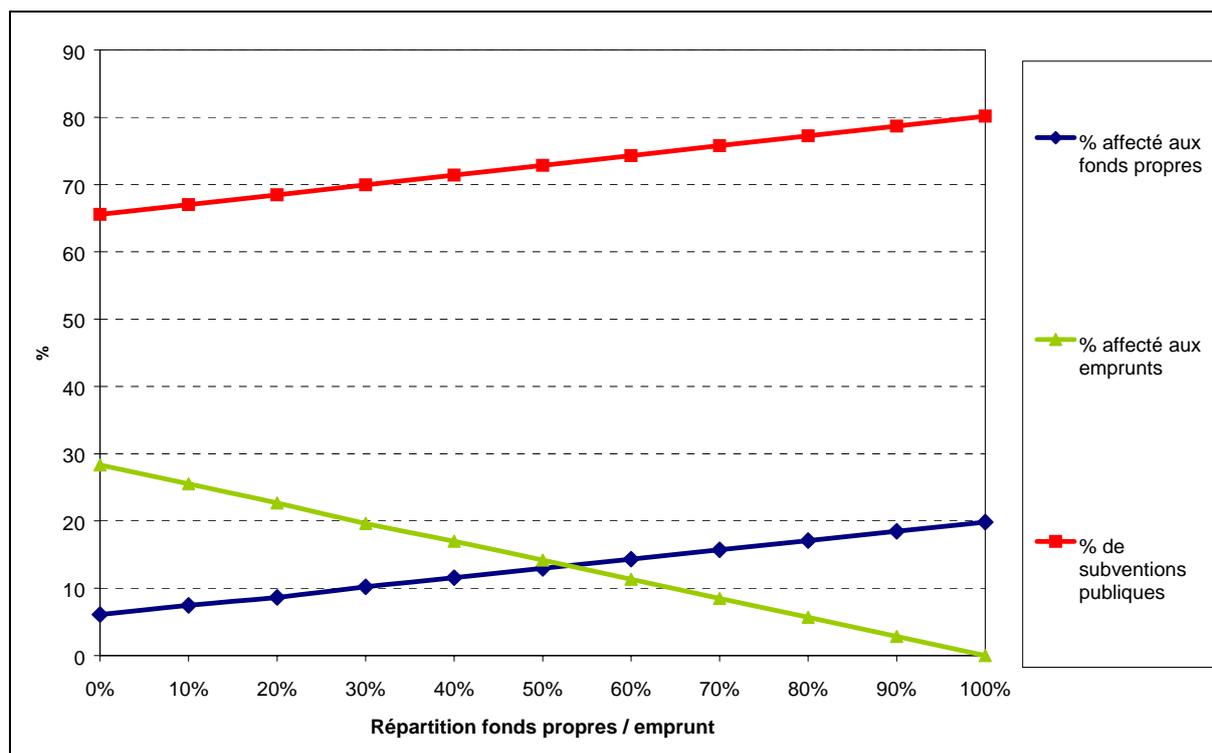
L'opérateur concessionnaire peut faire varier la répartition entre fonds propres et emprunts dans le cadre du financement du projet. Deux bornes limitent ces possibilités : un financement totalement assuré par l'emprunt (répartition fonds propres / emprunt = 0%) et un financement entièrement sur fonds propres (répartition fonds propres / emprunt = 100%).

Sur la base des simulations, il apparaît que plus l'opérateur concessionnaire privilégie un financement sur ces fonds propres, plus la collectivité est appelée à contribuer financièrement au projet pour assurer sa rentabilité financière.

#### Hypothèses

TRI Objectif	Taux d'intérêt	Durée emprunts	Taux de croissance de l'EBE	Répartition fonds propres / emprunts
15%	4%	10 ans	3% /an	Variable (0-100%)

#### Résultats



Graphique 11 : Résultats de la simulation entre répartition des fonds propres / emprunts et % de subventions publiques.

## Cas 2 : variation du TRI objectif fonds propres

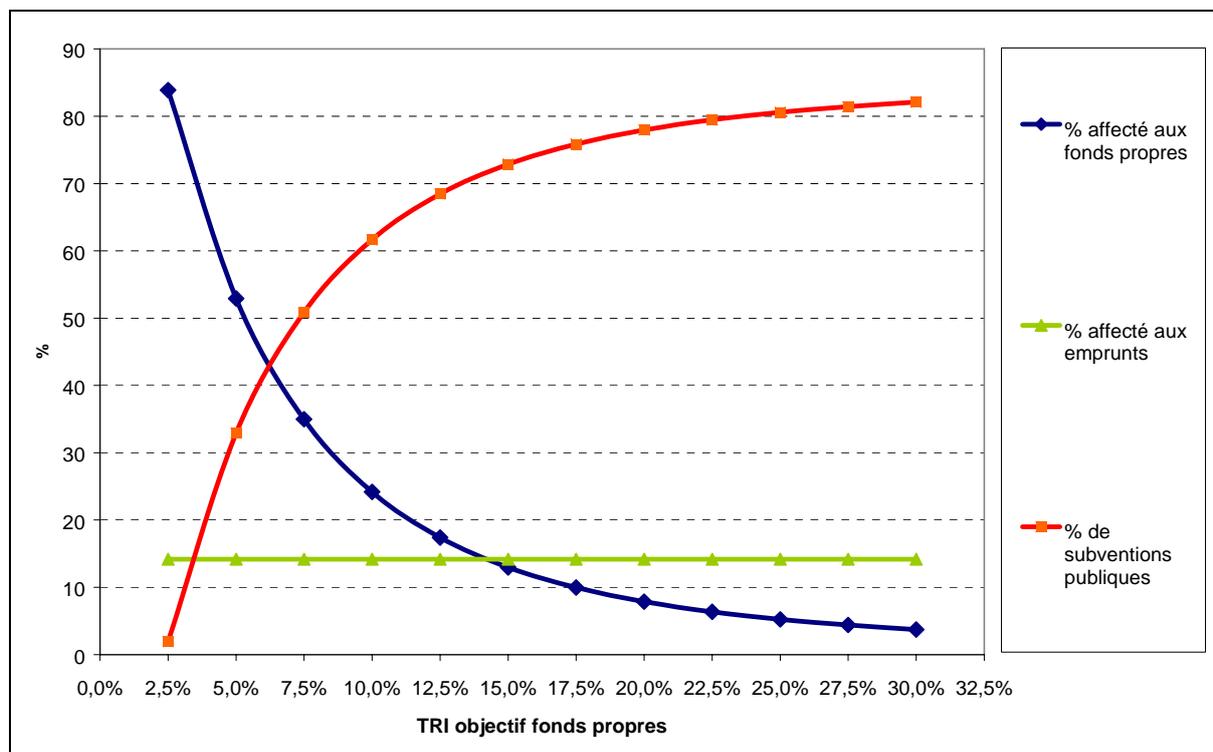
L'opérateur concessionnaire peut avoir des objectifs de rentabilité pour ces fonds propres spécifiques avec un TRI objectif différent.

Pour des TRI faibles, la contribution de la collectivité publique est peu élevée. Cette dernière s'accroît à mesure que les objectifs de TRI des fonds propres sont réévalués. La croissance de cette contribution publique est cependant décroissante dans ce cas de figure.

### Hypothèses

TRI Objectif	Taux d'intérêt	Durée emprunts	Taux de croissance de l'EBE	Répartition fonds propres / emprunts
Variable (2,5-30%)	4%	10 ans	3% /an	50%

### Résultats



Graphique 12 : Résultats de la simulation entre TRI objectif fonds propres et % de subventions publiques.

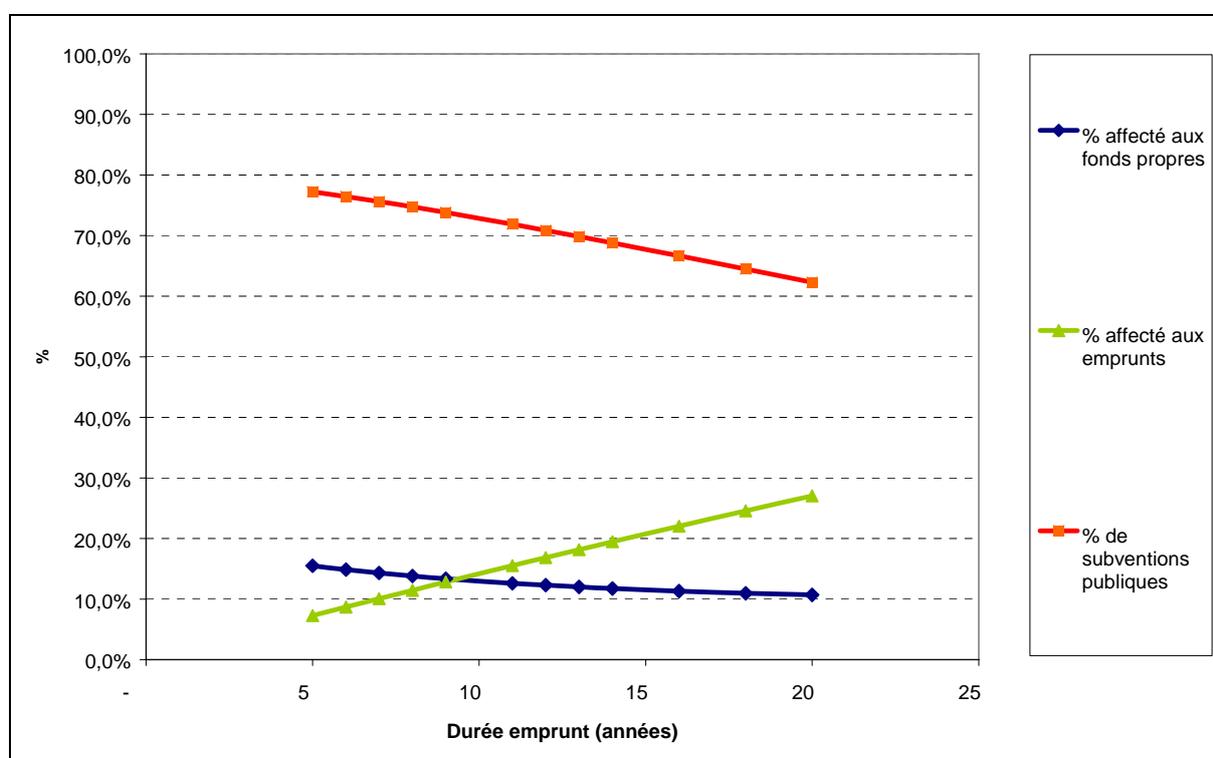
### Cas 3 : Variation de la durée des emprunts

Les emprunts souscrits peuvent s'échelonner sur des périodes temps relativement différentes. D'après les simulations, plus cette période est longue et plus la contribution publique à la rentabilité du projet se réduit.

#### Hypothèses

TRI Objectif	Taux d'intérêt	Durée emprunts	Taux de croissance de l'EBE	Répartition fonds propres / emprunts
15%	4%	<b>Variable (5-20 ans)</b>	3% /an	50%

#### Résultats



Graphique 13 : Résultats de la simulation entre durée des emprunts et % de subventions publiques

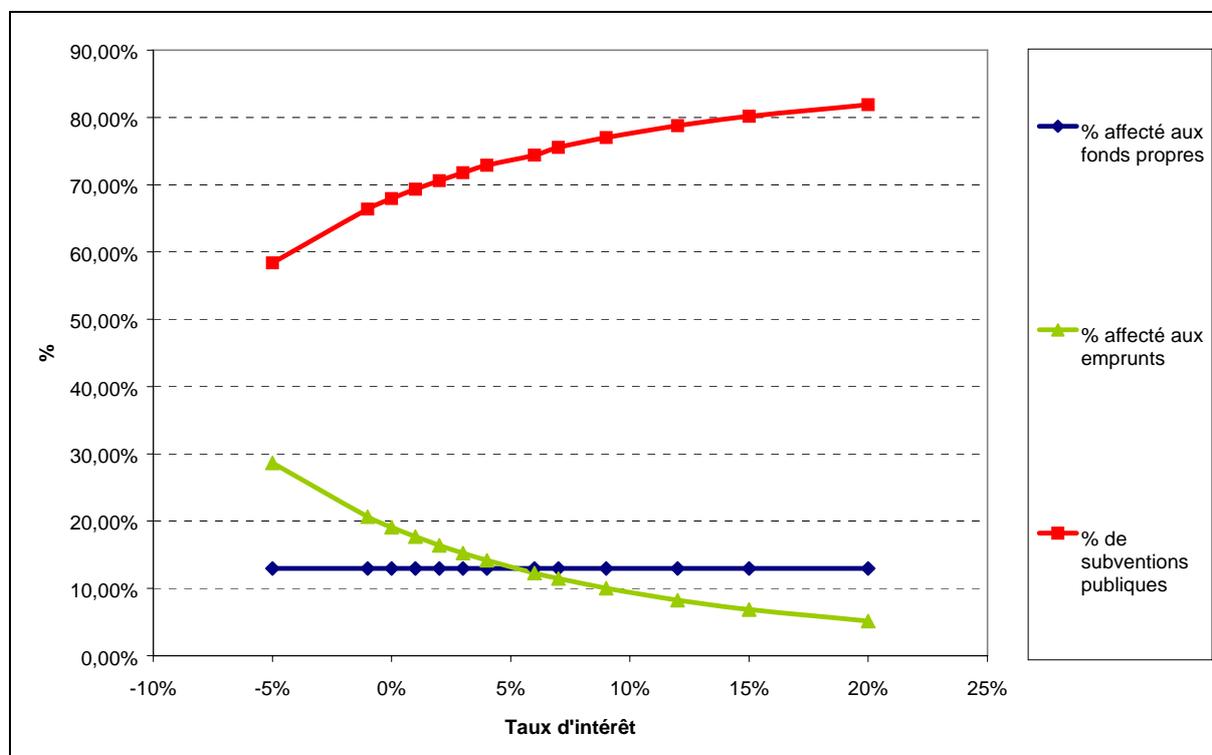
#### Cas 4 : variation du montant des taux d'intérêt des emprunts

Dans le même ordre idée que le cas précédant, il est possible d'évaluer l'impact de la variation des taux d'intérêt des emprunts sur la contribution publique. Des taux d'intérêt croissant nécessite une contribution plus forte de la part des collectivités publiques mais cette variation de contribution évolue de manière décroissante.

#### Hypothèses

TRI Objectif	Taux d'intérêt	Durée emprunts	Taux de croissance de l'EBE	Répartition fonds propres / emprunts
15%	Variable (-5% -+20%)	10 ans	3% /an	50%

#### Résultats



Graphique 14 : Résultats de la simulation entre taux d'intérêt des emprunts et % de subventions publiques

### **Cas 5 : Taux de croissance de l'EBE différencié dans le temps**

Jusqu'à présent, nous avons retenu un taux de croissance uniforme de l'EBE dans les simulations. Pour être plus proche des méthodes retenues dans les prévisions de trafic sur le moyen long terme et compte tenu des incertitudes à cet horizon temporel pour ce type de projets d'investissement, nous avons retenu une variation différenciée du taux de croissance de l'EBE au cours de la durée de vie du projet.

**Tableau 13 : Résultats des simulations selon la croissance de l'EBE au cours de la durée de vie du projet et le la contribution publique.**

Ventilation des taux de croissance de l'EBE au cours de la durée de vie du projet			% subventions publiques
0-10 ans	11-20 ans	21-30 ans	
3%	1,5%	0%	73,5%
5%	2,5%	0%	70,4%
7%	3,5%	0%	66,7%

Plus les taux de croissance de l'EBE sont importants, en particulier lors des premières années de mise en service de l'investissement, moins la collectivité publique est sollicitée dans le financement du projet.

### **Cas 6 : Variations multiples convergentes**

Il est possible désormais de faire varier plusieurs paramètres ensemble afin d'envisager leur impact sur le montant des fonds propres, le montant des emprunts et le niveau de la subvention publique.

Trois variables ont été retenues : la durée des emprunts, le taux d'intérêt des emprunts et le TRI objectif. Pour chacune des durées des années envisagées, des simulations ont été réalisées pour chacun des niveaux des taux d'intérêt et de TRI objectif soit 180 cas. Les résultats de l'ensemble de ces simulations sont présentées en annexe.

**Tableau 14 : Hypothèses de variation de la durée des emprunts, du taux d'intérêt et du TRI objectif.**

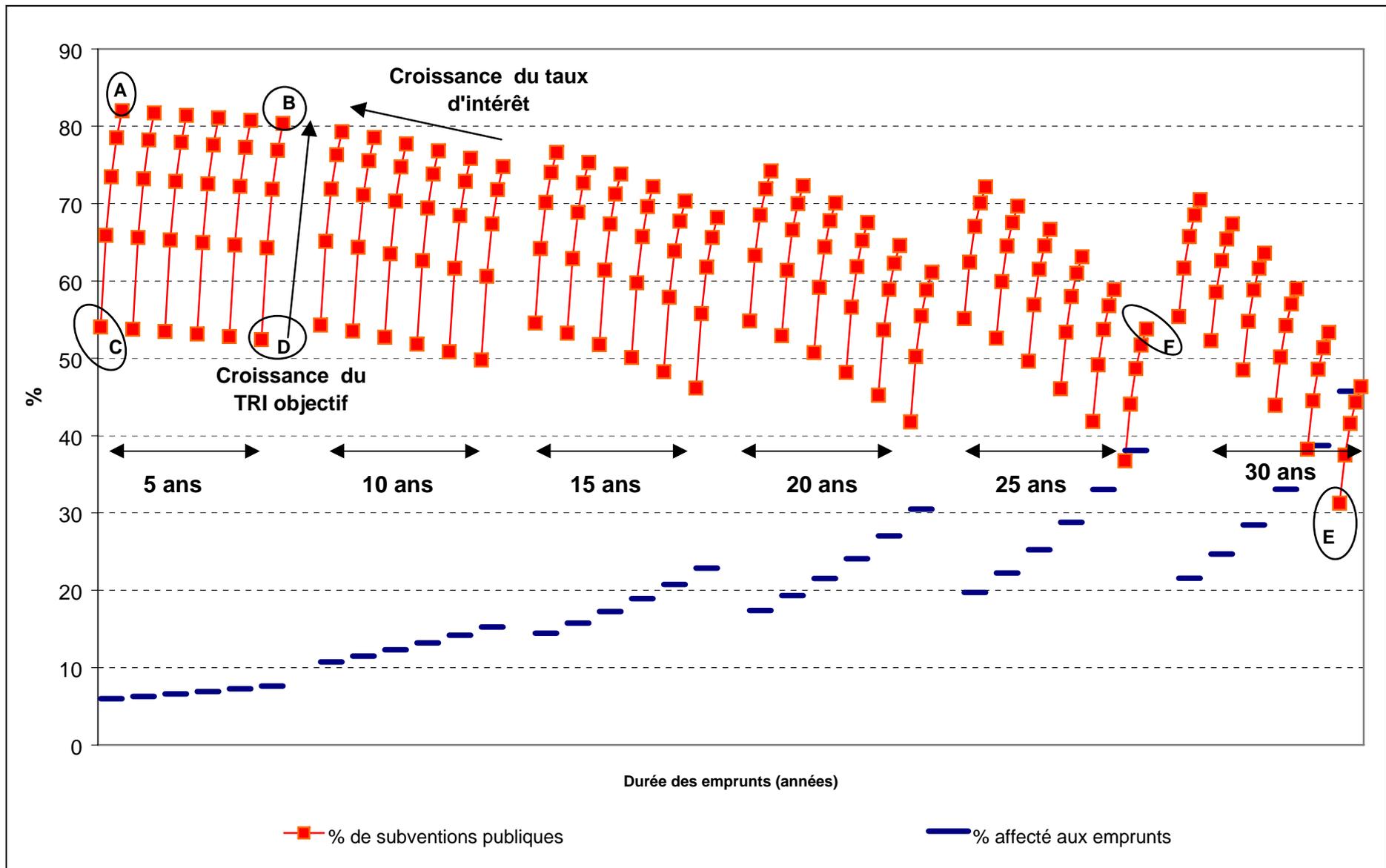
Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt (%)	TRI Objectif (%)
5	3	7,5
10	4	10
15	5	12,5
20	6	15
25	7	17,5
30	8	

Le graphique 15 permet de représenter sous forme d'abaques les impacts de ces trois variables sur les contributions aux financements. Compte tenu de la complexité de ce graphique, voici quelques commentaires de lecture :

- en abscisses est représentée la durée des emprunts. Chaque point représentant un niveau de participation de la collectivité publique est associé un niveau de TRI et de taux d'intérêt. Ainsi le point A sur le graphique 15 indique un niveau de 82% de subventions publiques nécessaires lorsque la durée des emprunts est de 5 ans, le TRI objectif de 17,5% et le taux d'intérêt des emprunts de 8%. Le point B indique une valeur de 80% pour un TRI de 17,5% et un taux d'intérêt des emprunts de 3%.
- Dès lors, les séries de points en ligne (exemple points A et B, points C et D) indiquent pour une durée des emprunts et un niveau de TRI donnés l'impact du taux d'intérêt sur la contribution publique.
- Le point C correspond à un niveau de subventions publiques de 54%, lorsque la durée des emprunts est de 5 ans, pour un taux d'intérêt de 8% et un TRI de 7,5% alors que le point A indique un niveau de 82% de subventions publiques nécessaires avec un taux d'intérêt des emprunts de 8% et un TRI objectif de 17,5%.
- Dès lors, les séries de points verticales indiquent pour une durée des emprunts et un taux d'intérêt donnés l'impact du niveau du TRI objectif retenu sur le % de contribution publique.

Il ressort de ces simulations que :

- Les simulations extrêmes réalisées (point A : durée des emprunts de 5 ans, taux d'intérêt de 8% et TRI de 17,5% et point E : durée de 30 ans, taux d'intérêt de 3% et TRI de 7,%) se traduisent par une amplitude du % de contributions publiques de 51 points !
- Plus la durée des emprunts est longue, moins la contribution publique est importante.
- Pour des durées d'emprunts courtes, l'élasticité de la contribution publique par rapport au taux d'intérêt est faible (au point D, élasticité de 0,02) relativement à celle des contributions publiques par rapport au TRI objectif (au point D, élasticité de 0,39)
- Pour des durées d'emprunts longues, l'élasticité de la contribution publique par rapport au taux d'intérêt est plus importante (au point E, élasticité de 0,46) que celle des contributions publiques relativement au TRI (au point E, élasticité de 0,36)



Graphique 15 : Evolution du niveau de subventions publiques selon la durée des emprunts, le taux d'intérêt bancaire et le TRI objectif du concessionnaire

## **2.4. Développer une ingénierie financière ?**

Dans le dispositif de financement des infrastructures, la contribution des collectivités publiques apparaît comme le complément incontournable entre le montant des fonds mobilisés par un partenaire privé et le coût total du projet. Cette position se justifie sur la base de l'utilité sociale attendue de l'investissement, et notamment de la valorisation des effets non marchands, qu'il s'agisse du gain de temps (source de satisfaction des usagers, mais également amélioration de l'accessibilité qui doit profiter au développement local et national) ou de la réduction des impacts négatifs sur les territoires soumis à la congestion (environnement, insécurité routière).

Comme cela l'a été montré au travers de la présentation des comptes de surplus, le bilan global est également pondéré par les pertes enregistrées par les autres opérateurs de transport, et ici la Région est concernée directement pour tout ce qui concerne la concurrence faite au secteur ferroviaire régional. Dans la seconde partie de cette recherche sera abordée la question de la mesure de la pertinence du financement régional, au regard des objectifs d'aménagement du territoire et du développement économique. Mais il est nécessaire de revenir avant toute chose à la question du montant de cette contribution, pour un projet donné. Un processus d'optimisation reste possible, dès lors que les règles de tarification sont négociables.

Dans la partie précédente, il a été montré comment le partenariat public/privé dicte ses règles, au travers de la rémunération attendue de l'opérateur privé associé. Il ne semble pas utile ici de se pencher sur la pertinence de cette rémunération qui est un fait incontournable, dès lors que le principe de l'adossement est remis en question. Par contre, la rentabilité découle du rapport entre le montant de l'investissement et le flux annuel d'excédent brut, et l'on peut rechercher des structures de financement et de tarification qui, tout en maintenant une certaine utilité sociale, pourrait conduire à minimiser la contribution publique.

Pour illustrer les marges de manœuvre possibles dans ce domaine, nous nous appuyerons à nouveau sur le modèle de simulation de calcul économique qui, bien que théorique et appliqué à un cas simple, peut aider à évaluer l'intérêt de dispositifs différents.

### **Tarification et niveaux de subvention**

La valeur de l'EBE annuel dépend bien entendu de la recette de péage, et donc du tarif kilométrique et du nombre d'usagers. Il importe déjà de rechercher ici le tarif optimal qui maximise les recettes. Mais bien sûr ce tarif joue sur le nombre total d'usagers se transférant sur l'autoroute, et par conséquent sur le surplus total des usagers et sur la rentabilité socio-économique du projet.

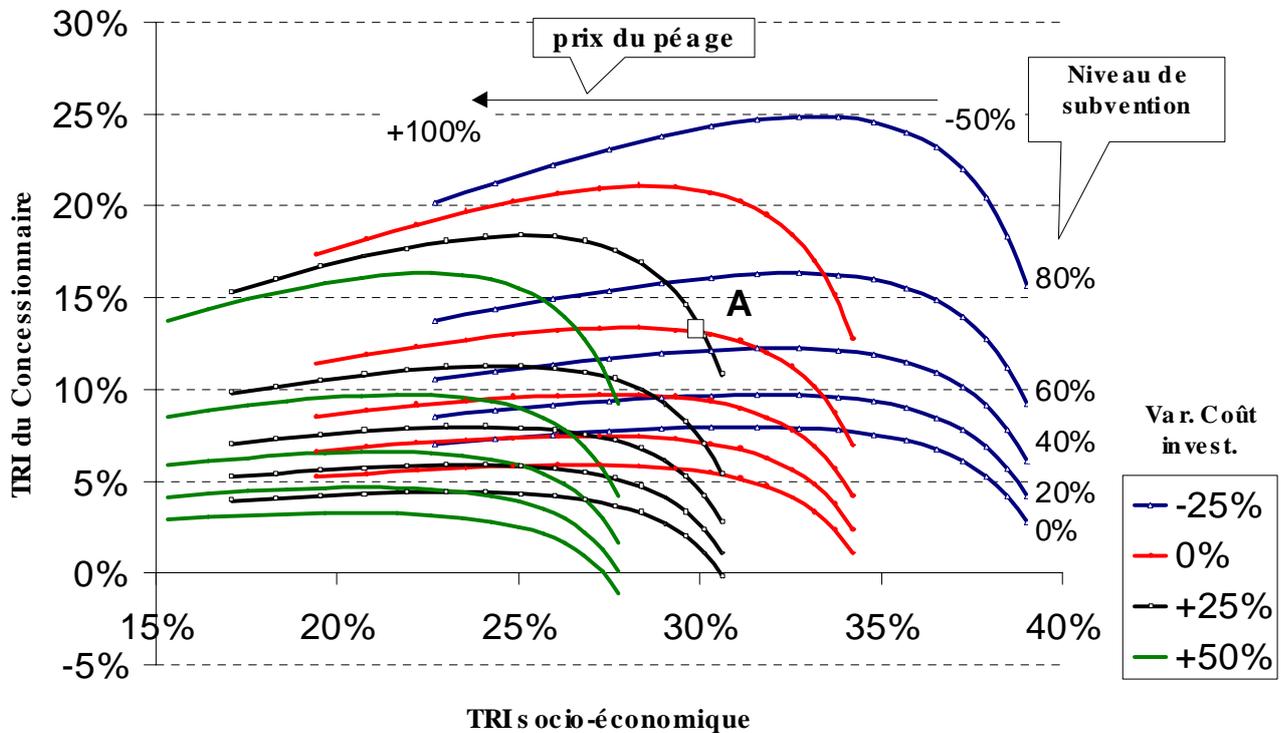
Or l'observation de la structure du surplus total montre clairement que la rentabilité socio-économique résulte principalement de l'importance du surplus des usagers, lui-même égal en première approximation à la différence entre les avantages monétarisés des gains de temps et le surcoût payé au travers du péage. Il existe donc une marge de manœuvre potentielle au travers d'un prélèvement renforcé auprès des usagers pour augmenter les recettes, sans pour autant faire basculer le TRI socio-économique en dessous des 8% fatidiques.

Le graphique suivant, malgré sa complexité apparente, présente des abaques de variation du TRI financier du concessionnaire et du TRI socio-économique en fonction de trois paramètres :

- Chaque courbe représente l'impact de la variation du péage (entre -50% et +100% du tarif de base) sur ces deux TRI : la forme de la courbe montre que si l'utilité sociale décroît avec la croissance du péage (prélèvement sur le surplus des usagers), le TRI du concessionnaire présente une valeur maximale (dans le cas des simulations présentées ici, cela correspond à une augmentation d'environ 10% du tarif de base).
- Chaque couleur de courbe correspond à une variation du coût d'investissement : plus celui-ci est faible, plus les deux TRI progressent bien entendu. On simule ici par exemple les pertes de rentabilité résultant d'une dérive des coûts de construction de l'autoroute, qui peut

résulter soit d'une sous-estimation des risques techniques, soit du retard pris à l'ouverture de l'infrastructure (influence de la durée des travaux sur les charges financières des emprunts).

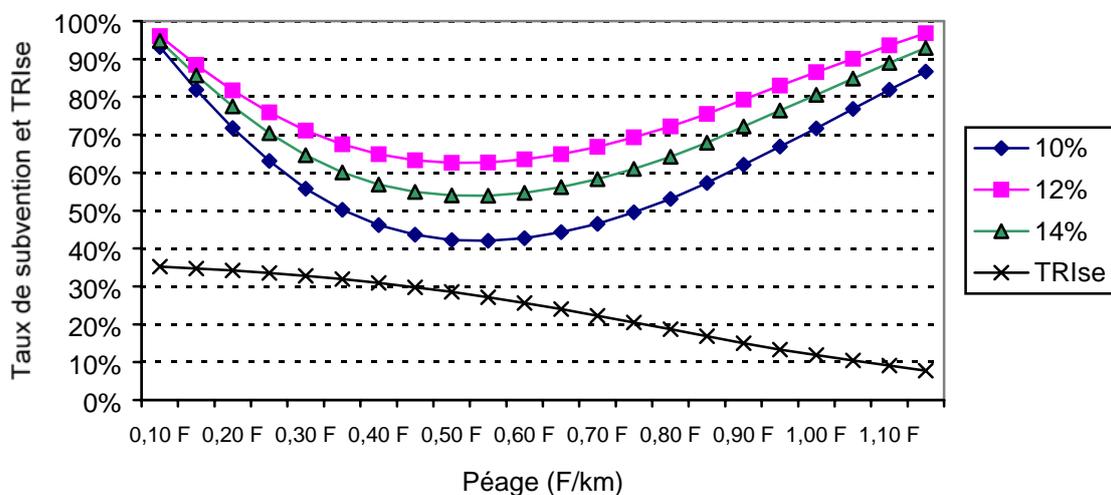
- Chaque famille de courbe de la même couleur mesure l'impact du montant de la subvention publique sur le TRI du concessionnaire. Comme il s'agit ici de la répartition des contributions financières des deux acteurs, cela n'a pas d'impact (en première approximation) sur le TRI socio-économique.



**Graphique 16 : Evolution comparée des TRI sous diverses hypothèses**

Plusieurs commentaires peuvent être faits sur la base de ces abaques :

- Pour un TRI objectif du concessionnaire et un coût d'investissement donnés, il peut être recherché un niveau de péage optimal, c'est-à-dire minimisant le niveau de subvention publique. Le graphique suivant illustre ce cas pour trois valeurs du TRI du concessionnaire.



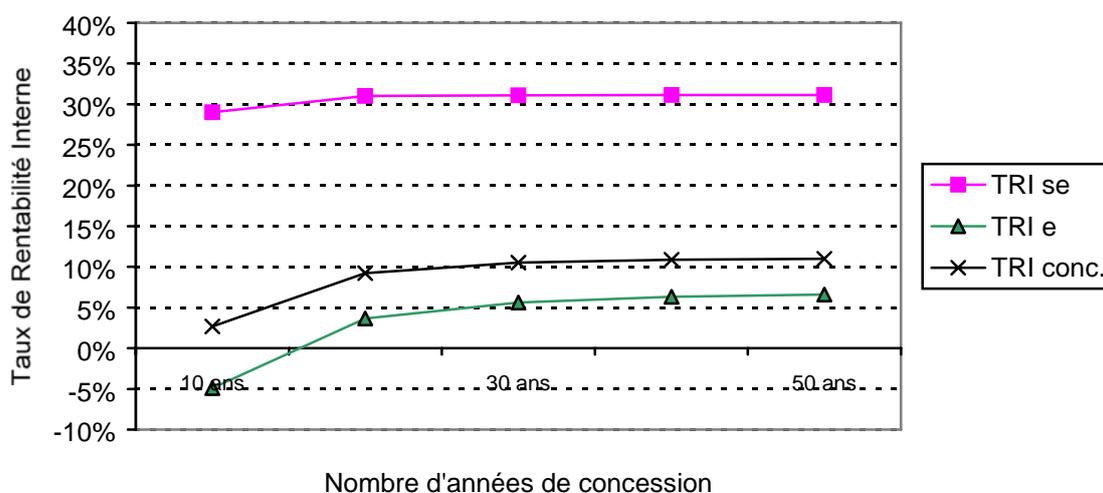
### Graphique 17 : Variation du niveau de subvention en fonction du péage pour un TRI du concessionnaire donné

- Dans le graphique 16, le point A de croisement de deux familles de courbes différentes est un point d'iso-satisfaction (TRI identiques) correspondant à deux niveaux de péage différents, deux niveaux de subvention différents et deux niveaux de coûts d'investissement différents. La couverture du risque technique (augmentation du coût d'investissement - passage de la courbe rouge à la courbe noire) peut être contractualisée. En effet, tout en garantissant la même rentabilité pour l'opérateur et la même utilité sociale, il serait nécessaire d'augmenter la subvention publique ( de 60 à 80%) mais en réduisant le niveau de péage (de l'ordre de -30%), solution coûteuse pour la collectivité. Des solutions intermédiaires peuvent être trouvées dans certains cas, en augmentant le péage pour minimiser l'augmentation de la subvention.
- Dans le cadre de projets à forte utilité sociale (TRIse élevé, comme dans le cas simulé), dès lors que la priorité de réalisation n'est pas en jeu, il semble possible en théorie de garantir un certain niveau de rentabilité du concessionnaire, en jouant correctement sur l'arbitrage montant du péage / taux de subvention.
- Dans le cas de projets à plus faible rentabilité et nécessitant un taux de subvention élevé, il ne devient pas absurde d'étudier une alternative technique , la route express gratuite, dont le coût d'investissement sensiblement inférieur peut conduire à une utilisation meilleure des fonds publics, sous réserve que ceux-ci puissent être mobilisé aisément.

### L'augmentation de la durée des concessions

L'une des mesures avancées par les concessionnaires pour garantir la rentabilité de leur intervention est bien sûr de prolonger la durée de concession, de façon à engranger sur un plus grand nombre d'années des recettes. Si ce principe est compréhensible, il comporte toutefois des risques. Le premier tient au fait que plus l'on regarde à long terme, plus les prévisions de trafics sont incertaines, car dépendantes des hypothèses macro-économiques (taux de croissance de la demande, évolution du prix des facteurs). Dès lors un pari est fait sur le prolongement des tendances observées en terme de croissance de la demande, risque qui ne peut être totalement couvert par une augmentation du péage en raison de l'élasticité de la demande au prix.

Un second risque tient à l'efficacité même du prolongement de la durée de concession sur les TRI. Le graphique ci-dessous présente, à titre d'illustration, l'effet d'une augmentation de la durée sur le calcul de ces taux, pour le cas théorique que nous avons simulé :



Graphique 18 : impact de la durée de concession sur la rentabilité

Ce graphique montre clairement que les espoirs d'améliorer la rentabilité sont faibles. Toutefois ce résultat est bien sûr dépendant des hypothèses retenues pour décrire le futur. Or il est conseillé au niveau européen de considérer qu'au delà de 40% la croissance de la demande est nulle. Dans l'hypothèse de fort taux de croissance à long terme (mais cela est-il réaliste?), il peut être possible d'améliorer le TRI du concessionnaire d'un ou deux points, grand maximum en portant la durée de concession à 99 ans...

## Une alternative à la subvention ?

Enfin, une autre solution de financement peut être étudiée, bien qu'elle ne soit pas mise en œuvre en France. Il s'agit du "**shadow toll**", principe dans lequel la rentabilité directe de l'opérateur ne passe pas par la couverture totale des investissements, mais par une garantie sur le niveau de l'EBE.

V. Piron<sup>1</sup> cite le cas du pont sur le Tage à Lisbonne, où le concessionnaire reçoit une subvention moindre, mais bénéficie d'un complément annuel de type shadow toll pour maximiser la recette et d'un taux réduit de TVA.

Le principe consiste à déterminer le niveau d'EBE susceptible d'assurer la rentabilité escomptée de l'opérateur privé, c'est-à-dire de maximiser les recettes (tarif incitatif pour les usagers), de façon à couvrir au mieux le coût de l'investissement. Ce niveau dépend bien sûr des conditions du marché financier, mais aussi de l'évolution de la demande. On peut alors envisager de rechercher le tarif fictif qu'il faudrait mettre en place en fonction des trafics attendus pour s'approcher au plus près de l'équilibre. Dans ce cadre, la collectivité peut prendre à sa charge la différence entre ce prix fictif et le péage réel et rétribuer l'opérateur sur la période nécessaire à ce que les recettes réelles atteignent les recettes d'équilibre.

L'intérêt de cette option est d'éviter de mobiliser à un instant  $t$  des sommes importantes pour la subvention d'investissement et de les remplacer par une dépense récurrente, mais limitée dans le temps, de façon à garantir la rentabilité escomptée de l'opérateur.

Il n'est pas possible pour le moment de simuler aisément ce choix stratégique dans notre modèle de simulation, et il serait prudent de faire les simulations du coût total de cette option. En effet, dans les hypothèses de base du modèle de financement, l'équilibre (subvention nulle) nécessiterait un EBE qui soit 3,6 fois plus important que celui retenu, ce qui reviendrait beaucoup plus cher à la collectivité, même si elle doit emprunter le montant de la subvention... Des solutions intermédiaires peuvent être recherchées, en mixant subvention et shadow toll, comme pour le cas de Lisbonne, mais la détermination du montant du shadow toll minimisant la contribution publique est complexe. Cela dépend non seulement du coût de l'argent pour la collectivité, mais aussi des élasticités de la demande au maintien d'un niveau de péage plus bas pour augmenter les recettes.

Il convient donc d'approfondir les réflexions sur ces montants complexes, qui pourraient dans certaines conditions seulement, favoriser une réduction de la contribution publique.

---

<sup>1</sup> PIRON V. (2000), Transport, urbanisme et péage : peut-on chiffrer l'acceptabilité politique ?, in Transports n°402, pp. 241-251

## Conclusion

Au terme de cette présentation de la nature des indicateurs de rentabilité et des facteurs les influençant, il apparaît que le résultat d'une Analyse Coûts/Avantages est très sensible à de nombreuses hypothèses de calcul. De même que les rédacteurs du premier rapport Boiteux, il nous faut insister sur une recommandation essentielle pour juger de la pertinence des valeurs de rentabilité pour un projet de transport, qu'il s'agisse d'une autoroute ou d'une voie ferrée : l'ensemble des hypothèses utilisées pour le calcul doit être décrit avec précision, chacune des valeurs devant faire l'objet d'une justification. Si le rapport Boiteux 2 propose désormais un ensemble de valeurs normées de monétarisation des effets non marchands, résultat de l'état actuel des connaissances, de façon à rendre les évaluations des divers projets comparables, il n'en reste pas moins nécessaire de valider les hypothèses propres au projet étudié.

### *Une mesure de la rentabilité très sensible aux hypothèses de calcul*

C'est en premier lieu le cas des coûts d'investissement et de la durée des travaux, deux paramètres dont la croissance induit une baisse de rentabilité sensible. Il importe donc de se couvrir de ces risques de dérapage (aléas technique, mais aussi arrêt temporaire des travaux) qui se ressentiront fortement sur la rentabilité financière et donc sur le montant des subventions publiques nécessaires.

En second lieu viennent les prévisions de trafics pour lesquelles deux éléments de nature différente sont à prendre en compte. Le premier concerne la qualité des modèles et notamment les conséquences en termes de répartition modale entre les différentes offres de transport (et de calcul des variations de surplus pour chaque catégorie d'usagers) et d'induction du trafic. Le second porte sur les hypothèses de croissance de la demande de transport : plus le taux de croissance est élevé dans les premières années, plus la rentabilité sera forte. Mais il faut s'assurer de la pertinence des hypothèses de croissance, en vérifiant le réalisme des trafics attendus à long terme. Soulignons ici que les incertitudes sont fortes, d'autant plus qu'à long terme les modèles ne prennent pas en compte les effets en retour sur la localisation des ménages et des activités économiques.

Comme les simulations l'ont montré, l'utilité sociale d'un projet dépend principalement de la quantification et de la valorisation des gains de temps apportés, relativement à la situation de référence. L'importance des surplus dégagés par les usagers offre une marge de manœuvre qu'il ne faut pas négliger dans le montage financier du projet : il ne semble en effet pas absurde d'envisager un certain prélèvement sur ce surplus pour réduire le niveau des contributions publiques, par la recherche d'un niveau de tarification optimal.

De même, des arbitrages sont à opérer en termes d'impacts non marchands. La réalisation d'une autoroute génère des gains importants de sécurité (réduction du risque d'accident), au niveau de la pollution locale (évitement des zones urbanisées), mais induit en général un accroissement de la demande et de la vitesse, donc une consommation d'énergie plus forte, source de production d'effet de serre. Les valeurs normalisées du rapport Boiteux 2 conduisent actuellement à réduire l'importance de la pollution locale de l'air (taux annuel de réduction des émissions unitaires élevé), tandis que l'effet de serre n'est pas valorisé à un niveau suffisant pour infléchir réellement les choix relativement aux avantages de sécurité et surtout de gain de temps (même si la valeur du temps a été abaissée).

### ***Une contribution publique qui doit être optimisée***

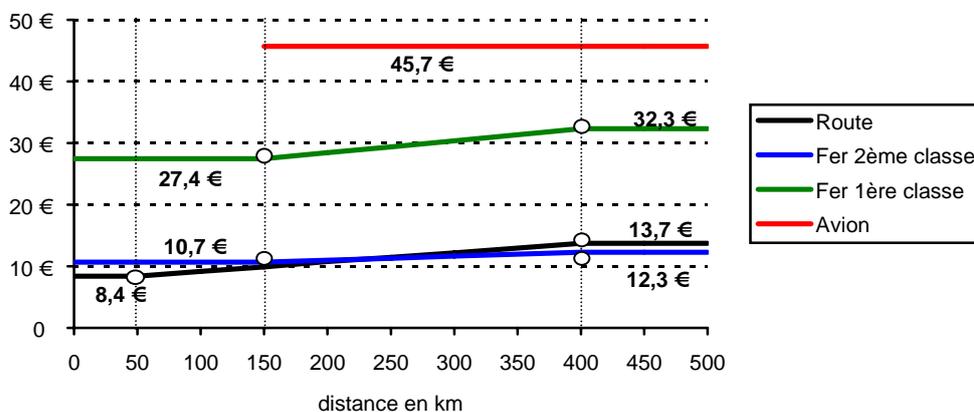
Sur le plan du montage financier, la remise en cause du principe d'adossement conduit de facto à un besoin de subventions publiques accru. Les simulations présentées montrent qu'il existe des marges de manœuvre pour minimiser cet apport financier dans le cadre d'une négociation avec les partenaires privés. Le taux de rentabilité des fonds propres, le taux d'intérêt bancaire, la durée des emprunts et l'affectation de l'EBE jouent directement sur le niveau des fonds publics nécessaires. Si certains de ces paramètres ne sont "négociables", d'autres peuvent l'être dans le montage de la concession.

Il ressort également de ces analyses que dans certaines conditions, la contribution publique dépasse les 70%. Il devient alors raisonnable de s'interroger sur le bien fondé du choix technique : une solution routière gratuite (du type route express à 2x2 voies) peut contribuer à des niveaux équivalents d'utilité sociale et de contribution publique. En ce sens, il faut insister sur certains ratios d'analyse utilisés dans d'autres pays comme le rapport entre le bénéfice brut actualisé et le coût public, ratio mesurant l'efficacité de l'intervention de la collectivité.

Du côté de l'acteur régional, sa participation mérite d'être mise en rapport avec les objectifs de la politique d'aménagement durable du territoire qu'elle entend mener. Cette analyse fera l'objet de la seconde phase de cette recherche.

## Annexes

### Annexe 1 : Valeurs du temps prônées en interurbain par le rapport Boiteux 2



	2000	Règle d'évolution	Remarques
Valeur du temps voyageurs	Voir tableau ci-dessous	Evolution de la valeur du temps en fonction de la consommation des ménages par tête avec une élasticité de 0,7.	<p><u>En interurbain</u> : on retient les principes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prise en compte des différentiels de qualité offerts par les infrastructures routières et des effets de fréquences des services ferroviaires,</li> <li>- pour les parcours terminaux d'un trafic intermodal, la valeur du temps à retenir est celle du mode principal,</li> <li>- utilisation des modèles multimodaux pour évaluer les gains des trafics transférés, sous le contrôle d'une commission,</li> <li>- indication dans le bilan de l'évaluation de la part monétaire des avantages liés aux gains de temps et de celle des autres avantages.</li> </ul> <p><u>En urbain</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prise en compte des éléments de confort pour le transport collectif : à titre conservatoire, on retient un coefficient de 1,5 appliqué à la durée du déplacement en situation d'inconfort dans les transports collectifs, et un coefficient de 2 pour les temps d'attente et de marche à pied que nécessitent l'accès aux stations et les correspondances.</li> </ul>

Mode	pour des distances inférieures à		Pour les distances d comprises entre 50 km ou 150 km et 400 km	Stabilisation pour les distances supérieures à 400 km
	50 km	150 km		
Route	8,4 €	-	50 km < d VDT=(d/10+50).1/6,56	13,7 €
Fer 2° Cl.	-	10,7 €	150 km < d VDT=1/7(3d/10+445) .1/6,56	12,3 €
Fer 1° Cl.	-	27,4 €	150 km < d VDT=1/7(9d/10+1125) .1/6,56	32,3 €
Aérien	-	-	45,7 €	45,7 €

Valeur du temps marchandises	2000	Règle d'évolution	La valeur du temps marchandises ne dépend pas du mode de transport, mais de la nature de ce qui est transporté.
Marchandises à haute valeur	0,45 €/t/h	Evolution des valeurs à raison des 2/3 de l'évolution du PIB	Route, transport combiné, conteneurs maritimes, messagerie, transports frigorifiques, route roulante, trafic roulier, etc.
Marchandises courantes	0,15 €/t/h		Autres trafics ferroviaires, maritimes et fluviaux.
Marchandises à faible valeur	0,01 €/t/h		Vrac, granulats, etc.
Réduction de coût pour les exploitants route	31 €(1998)	Stable dans le temps en francs constants	

**Annexe 2 : Valeurs normées de monétarisation des effets non marchands (rapport Boiteux 2)**

	2000-2005	2000-2010	2010-2020	après 2020	Remarques
<b>Valeur de la tonne de carbone</b>					
Prix du pétrole HT (\$/baril)	-	24 € + 1,4 %/an	+	2 %/an	Test de sensibilité pour un taux de croissance de 5 %/an après 2020
Prix de la tonne de carbone (€/tC)	100 €/tC	100 €/tC	+	3 %/an	Révision périodique de ces valeurs

<b>Valeur du bruit</b>								
Valorisation du bruit	Le coût unitaire du bruit est défini par la dépréciation des prix moyens de location par m <sup>2</sup> de surface occupée et exposée à des niveaux de bruit dépassant un seuil. Loyer mensuel au m <sup>2</sup> du secteur locatif publié par l'INSEE à l'échelle nationale							
Calcul de base	36 F m <sup>2</sup> (1996)	Évolution du prix indexé sur le taux de croissance du PIB		55-60	60-65	65-70	70-75	+ de 75
	% dépréciation/décibel		0,4 %	0,8 %	0,9 %	1 %	1,1 %	
Effet nuit	+ 5 dB(A)		Cela ne s'applique pas au transport aérien, l'effet nuit étant déjà intégré dans le calcul de l'indice propre au transport aérien.					
Effet sur la santé	+ 30 % au dessus de 70 dB(A) jour et de 65 dB(A) nuit		À titre conservatoire, en attendant le résultat d'études ultérieures.					
Espace non habité (bâtiments publics et zones d'activités)			On utilisera les mêmes valeurs que celles utilisées pour les habitations en appliquant un coefficient supérieur à 1 pour les établissements publics réputés sensibles et un coefficient inférieur à 1 dans les autres cas. Ces coefficients, fixés <i>a priori</i> , restent à préciser.					
Zones non bâties destinées à le devenir			Les dommages causés par le bruit seront négligés, sauf pour les zones destinées à l'habitation dans un avenir prévisible.					
Zones de détente			Pas de monétarisation de l'évaluation, qui restera qualitative.					
Tracé insuffisamment défini			L'évaluation concerne l'ensemble du réseau dans lequel un nouveau projet est envisagé (identification des différentes zones, utilisation de modèle simplifié de propagation du bruit). L'évaluation quantitative est accompagnée de commentaires spécifiques.					

<b>Tué</b>	66 % (1,5 M€)	Ces valeurs devront croître au même rythme que les consommations des ménages par tête	<b>Valeur de la vie humaine</b>
Transports routiers	100 % (1,5 M€)		
Transports collectifs			
<b>Blessé grave</b>			Il est admis que la valeur unique de la vie humaine à retenir dans les calculs puissent être modulés entre les transports individuels et les transports collectifs sur la base de plusieurs arguments (relation au risque ; contexte, particularité des accidents collectifs, etc.).
Transports routiers	150 m€		
Transports collectifs	225 m€		
<b>Blessé léger</b>			
Transports routiers	22 m€		
Transports collectifs	33 m€		

<b>Valeur urbain dense</b>			
VP	2,9		
PL	28.2		
Train diesel (fret)	458		
Train diesel (voy.)	164		
Bus	24.9		
<b>Valeur urbain diffus</b>			
VP	1		
PL	9.9		
Train diesel (fret)	160		
Train diesel (voy.)	57		
Bus	8.7		
<b>Valeur rase campagne</b>			
VP	0.1		
PL	0.6		
Train diesel (fret)	11		
Train diesel (voy.)	4		
Bus	0,6		

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction de 6,5 % par an pour les PL et 9,4 % par an pour les VP et VUL</li> <li>- Augmentation annuelle sur la base de l'évolution des dépenses de consommation des ménages</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><i>Valeur de la pollution atmosphérique (euro par unités de trafic) €100.veh.km ; €100.train.km</i></b></p> <p>Correction envisageable pour les zones présentant des caractéristiques très particulières (vallées de montagne, par exemple) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tests de sensibilité à plus ou moins 70 % ;</li> <li>- Révision de ces valeurs en fonction des travaux menés sur l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique et des progrès constatés dans le secteur des transports en matière d'émission de polluants.</li> </ul>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Annexe 2 : Résultats de la simulation sur le % de subventions publiques à partir de la variation de la durée des emprunts, du taux d'intérêt et du TRI Objectifs**

Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt des emprunts	TRI objectif	% affecté aux fonds propres	% affecté aux emprunts	% de subventions publiques
5	8	7,5	39,95	5,99	54,06
5	8	10	28,11	5,99	65,89
5	8	12,5	20,53	5,99	73,48
5	8	15	15,48	5,99	78,52
5	8	17,5	12	5,99	82,01
5	7,0	7,5	39,95	6,28	53,77
5	7,0	10	28,11	6,28	65,61
5	7,0	12,5	20,53	6,28	73,19
5	7,0	15	15,48	6,28	78,24
5	7,0	17,5	12	6,28	81,72
5	6,0	7,5	39,95	6,59	53,46
5	6,0	10	28,11	6,59	65,3
5	6,0	12,5	20,53	6,59	72,88
5	6,0	15	15,48	6,59	77,93
5	6,0	17,5	12	6,59	81,41
5	5,0	7,5	39,95	6,91	53,14
5	5,0	10	28,11	6,91	64,98
5	5,0	12,5	20,53	6,91	72,56
5	5,0	15	15,48	6,91	77,61
5	5,0	17,5	12	6,91	81,09
5	4,0	7,5	39,95	7,26	52,79
5	4,0	10	28,11	7,26	64,63
5	4,0	12,5	20,53	7,26	72,22
5	4,0	15	15,48	7,26	77,26
5	4,0	17,5	12	7,26	80,74
5	3,0	7,5	39,95	7,62	52,43
5	3,0	10	28,11	7,62	64,27
5	3,0	12,5	20,53	7,62	71,85
5	3,0	15	15,48	7,62	76,9
5	3,0	17,5	12	7,62	80,38
10	8	7,5	34,99	10,72	54,28
10	8	10	24,18	10,72	65,1
10	8	12,5	17,39	10,72	71,88
10	8	15	12,97	10,72	76,31
10	8	17,5	9,97	10,72	79,3

Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt des emprunts	TRI objectif	% affecté aux fonds propres	% affecté aux emprunts	% de subventions publiques
10	7,0	7,5	34,99	11,48	53,53
10	7,0	10	24,18	11,48	64,34
10	7,0	12,5	17,39	11,48	71,13
10	7,0	15	12,97	11,48	75,56
10	7,0	17,5	9,97	11,48	78,55
10	6,0	7,5	34,99	12,3	52,71
10	6,0	10	24,18	12,3	63,52
10	6,0	12,5	17,39	12,3	70,31
10	6,0	15	12,97	12,3	74,74
10	6,0	17,5	9,97	12,3	77,73
10	5,0	7,5	34,99	13,19	51,81
10	5,0	10	24,18	13,19	62,63
10	5,0	12,5	17,39	13,19	69,42
10	5,0	15	12,97	13,19	73,84
10	5,0	17,5	9,97	13,19	76,83
10	4,0	7,5	34,99	14,17	50,84
10	4,0	10	24,18	14,17	61,65
10	4,0	12,5	17,39	14,17	68,44
10	4,0	15	12,97	14,17	72,86
10	4,0	17,5	9,97	14,17	75,86
10	3,0	7,5	34,99	15,24	49,77
10	3,0	10	24,18	15,24	60,58
10	3,0	12,5	17,39	15,24	67,37
10	3,0	15	12,97	15,24	71,79
10	3,0	17,5	9,97	15,24	74,79
15	8	7,5	30,99	14,46	54,55
15	8	10	21,35	14,46	64,2
15	8	12,5	15,37	14,46	70,17
15	8	15	11,52	14,46	74,03
15	8	17,5	8,93	14,46	76,62
15	7,0	7,5	30,99	15,77	53,24
15	7,0	10	21,35	15,77	62,88
15	7,0	12,5	15,37	15,77	68,86
15	7,0	15	11,52	15,77	72,71
15	7,0	17,5	8,93	15,77	75,3
15	6,0	7,5	30,99	17,24	51,77
15	6,0	10	21,35	17,24	61,41
15	6,0	12,5	15,37	17,24	67,38

Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt des emprunts	TRI objectif	% affecté aux fonds propres	% affecté aux emprunts	% de subventions publiques
15	6,0	15	11,52	17,24	71,24
15	6,0	17,5	8,93	17,24	73,83
15	5,0	7,5	30,99	18,9	50,11
15	5,0	10	21,35	18,9	59,76
15	5,0	12,5	15,37	18,9	65,73
15	5,0	15	11,52	18,9	69,59
15	5,0	17,5	8,93	18,9	72,18
15	4,0	7,5	30,99	20,76	48,25
15	4,0	10	21,35	20,76	57,89
15	4,0	12,5	15,37	20,76	63,87
15	4,0	15	11,52	20,76	67,73
15	4,0	17,5	8,93	20,76	70,32
15	3,0	7,5	30,99	22,86	46,15
15	3,0	10	21,35	22,86	55,79
15	3,0	12,5	15,37	22,86	61,77
15	3,0	15	11,52	22,86	65,62
15	3,0	17,5	8,93	22,86	68,22
20	8	7,5	27,76	17,4	54,84
20	8	10	19,31	17,4	63,29
20	8	12,5	14,07	17,4	68,52
20	8	15	10,68	17,4	71,92
20	8	17,5	8,38	17,4	74,22
20	7,0	7,5	27,76	19,32	52,92
20	7,0	10	19,31	19,32	61,37
20	7,0	12,5	14,07	19,32	66,61
20	7,0	15	10,68	19,32	70
20	7,0	17,5	8,38	19,32	72,3
20	6,0	7,5	27,76	21,53	50,71
20	6,0	10	19,31	21,53	59,16
20	6,0	12,5	14,07	21,53	64,4
20	6,0	15	10,68	21,53	67,79
20	6,0	17,5	8,38	21,53	70,09
20	5,0	7,5	27,76	24,08	48,16
20	5,0	10	19,31	24,08	56,61
20	5,0	12,5	14,07	24,08	61,85
20	5,0	15	10,68	24,08	65,24
20	5,0	17,5	8,38	24,08	67,54
20	4,0	7,5	27,76	27,03	45,21

Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt des emprunts	TRI objectif	% affecté aux fonds propres	% affecté aux emprunts	% de subventions publiques
20	4,0	10	19,31	27,03	53,66
20	4,0	12,5	14,07	27,03	58,89
20	4,0	15	10,68	27,03	62,28
20	4,0	17,5	8,38	27,03	64,58
20	3,0	7,5	27,76	30,48	41,76
20	3,0	10	19,31	30,48	50,21
20	3,0	12,5	14,07	30,48	55,48
20	3,0	15	10,68	30,48	58,84
20	3,0	17,5	8,38	30,48	61,14
25	8	7,5	25,15	19,72	55,13
25	8	10	17,84	19,72	62,43
25	8	12,5	13,24	19,72	67,04
25	8	15	10,2	19,72	70,08
25	8	17,5	8,1	19,72	72,17
25	7,0	7,5	25,15	22,25	52,6
25	7,0	10	17,84	22,25	59,91
25	7,0	12,5	13,24	22,25	64,51
25	7,0	15	10,2	22,25	67,55
25	7,0	17,5	8,1	22,25	69,65
25	6,0	7,5	25,15	25,24	49,61
25	6,0	10	17,84	25,24	56,92
25	6,0	12,5	13,24	25,24	61,52
25	6,0	15	10,2	25,24	64,56
25	6,0	17,5	8,1	25,24	66,66
25	5,0	7,5	25,15	28,78	46,07
25	5,0	10	17,84	28,78	53,37
25	5,0	12,5	13,24	28,78	57,98
25	5,0	15	10,2	28,78	61,02
25	5,0	17,5	8,1	28,78	63,12
25	4,0	7,5	25,15	33,03	41,83
25	4,0	10	17,84	33,02	49,14
25	4,0	12,5	13,24	33,02	53,74
25	4,0	15	10,2	33,02	56,78
25	4,0	17,5	8,1	33,02	58,88
25	3,0	7,5	25,15	38,1	36,75
25	3,0	10	17,84	38,1	44,06
25	3,0	12,5	13,24	38,1	48,66
25	3,0	15	10,2	38,1	51,7

Durée des emprunts (années)	Taux d'intérêt des emprunts	TRI objectif	% affecté aux fonds propres	% affecté aux emprunts	% de subventions publiques
25	3,0	17,5	8,1	38,1	53,8
30	8	7,5	23,04	21,56	55,4
30	8	10	16,79	21,56	61,66
30	8	12,5	12,7	21,56	65,74
30	8	15	9,32	21,56	68,52
30	8	17,5	7,96	21,56	70,49
30	7,0	7,5	23,04	24,68	52,28
30	7,0	10	16,79	24,68	58,54
30	7,0	12,5	12,7	24,68	62,62
30	7,0	15	9,92	24,68	65,4
30	7,0	17,5	7,96	24,68	67,37
30	6,0	7,5	23,04	28,45	48,5
30	6,0	10	16,79	28,45	54,76
30	6,0	12,5	12,7	28,45	58,85
30	6,0	15	9,92	28,45	61,63
30	6,0	17,5	7,96	28,45	63,59
30	5,0	7,5	23,04	33,06	43,9
30	5,0	10	16,79	33,06	50,16
30	5,0	12,5	12,7	33,06	54,24
30	5,0	15	9,92	33,06	57,02
30	5,0	17,5	7,96	33,06	58,99
30	4,0	7,5	23,04	38,71	38,24
30	4,0	10	16,79	38,71	44,5
30	4,0	12,5	12,7	38,71	48,58
30	4,0	15	9,92	38,71	51,36
30	4,0	17,5	7,96	38,71	53,33
30	3,0	7,5	23,04	45,72	31,24
30	3,0	10	16,79	45,72	37,5
30	3,0	12,5	12,7	45,72	41,58
30	3,0	15	9,92	45,72	44,32
30	3,0	17,5	7,96	45,72	46,33

## Table des matières

<b>Avant-propos .....</b>	<b>1</b>
<b>1. La mesure de la rentabilité d'un investissement de transport.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Le cas d'un investissement privé .....</b>	<b>2</b>
L'actualisation.....	2
La Valeur Actuelle Nette (VAN).....	4
Le Taux de Rentabilité Interne (TRI).....	5
<b>1.2 La rentabilité d'un investissement public .....</b>	<b>7</b>
Les fondements théoriques du calcul économique public.....	7
La mesure de la rentabilité par l'Analyse Coûts/Avantages.....	10
Les différentes rentabilités .....	12
La difficile mesure de la variation des surplus.....	13
Un indicateur trompeur, la rentabilité immédiate.....	16
<b>1.3 Les conditions pratiques de réalisation du calcul de rentabilité.....</b>	<b>17</b>
<b>2. Les indicateurs clés de la rentabilité d'un projet de transport.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Une analyse de la sensibilité incontournable .....</b>	<b>22</b>
Présentation du modèle CALCECO.....	22
De nombreux facteurs de risques mais d'importance très inégale .....	25
Variables descriptives du niveau de service offert.....	26
Influence des coûts d'investissement du projet.....	26
Variables influençant la répartition des trafics .....	27
La prise en compte des externalités.....	28
<b>2.2 La question centrale de l'incertitude.....</b>	<b>28</b>
La croissance de la demande.....	30
De la sensibilité des décideurs ... ..	31
<b>2.3. Besoins de financement public dans le partenariat public/privé.....</b>	<b>33</b>
Les nouvelles règles de concession : la fin de l'adossement .....	33
La détermination du montant de la subvention publique .....	35
Résultats des simulations .....	38
Cas 1 : Variation de la répartition fonds propres/emprunt .....	40
Cas 2 : variation du TRI objectif fonds propres.....	41
Cas 3 : Variation de la durée des emprunts .....	42
Cas 4 : variation du montant des taux d'intérêt des emprunts .....	43
Cas 5 : Taux de croissance de l'EBE différencié dans le temps .....	44
Cas 6 : Variations multiples convergentes .....	44
<b>2.4. Développer une ingénierie financière ?.....</b>	<b>46</b>
Tarification et niveaux de subvention.....	46

L'augmentation de la durée des concessions.....	48
Une alternative à la subvention ?.....	49
<b>Conclusion.....</b>	<b>50</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>52</b>