



PREMIER MINISTRE

Commissariat général  
à la stratégie  
et à la prospective

Département  
Développement durable

Juillet 2013

**RAPPORTS  
& DOCUMENTS**

---

## Rentabilité et PPP

**Contribution**

Alain Bonnafous  
Bruno Faivre D'acier

**Tome 2**

Rapport

« *L'évaluation socio-économique en période de transition* »

Groupe de travail  
présidé par Émile Quinet



# Sommaire

<b>Les conditions d'efficacité pour les finances publiques du choix d'un PPP .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
<b>2 L'alternative simplifiée public-privée et les valeurs du CMPC.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Rentabilité financière, CMPC et besoin de subvention.....</b>	<b>9</b>
<b>4 Estimations des ordres de grandeur des paramètres .....</b>	<b>10</b>
<b>5 Les plages de variation pertinentes des paramètres .....</b>	<b>12</b>
<b>6 Quelques résultats sur la problématique du basculement.....</b>	<b>14</b>
<b>7 Une nouvelle illustration du paradoxe de la rentabilité financière.....</b>	<b>20</b>
<b>8 Conclusion .....</b>	<b>22</b>
<b>9 Références .....</b>	<b>23</b>



# Les conditions d'efficacité pour les finances publiques du choix d'un PPP<sup>1</sup>

## 1 Introduction

La tendance internationale en faveur d'une implication croissante des opérateurs privés dans les nouveaux équipements publics a été favorisée par deux préoccupations principales des gouvernements. La première de ces préoccupations correspond à une stratégie budgétaire opportuniste (Maskin et Tirole, 2008), dans la mesure où les engagements de la puissance publique ne sont pas, généralement, consolidés dans sa dette dans le cas de DSP ou de contrats de partenariat (Marty, 2007). Il y a là un facteur favorable au PPP mais qui a surtout un objectif cosmétique sur la comptabilité patrimoniale des Etats : soit l'endettement privé est garanti en dernier ressort par les finances publiques (*de jure* ou *de facto*) en cas de défaillance de l'opérateur ; soit le partenariat est aux risques et périls de la seule sphère privée mais alors la subvention généralement nécessaire à l'équilibre financier de l'opération est accrue en fonction des primes de risque exigées par l'opérateur et par les banques. Dans le premier cas, la dette liée au projet n'est que formellement externalisée grâce au PPP ; dans le second, elle est effectivement exclue de l'endettement public mais au prix d'une subvention publique accrue par la rémunération des fonds propres de l'opérateur et par la compensation des primes de risque.

Dans les deux cas cependant la pression de finances publiques trop endettées va dans le sens des dispositifs qui privilégient le financement et l'endettement privés, même si cela implique des rétributions de fonds propres et des primes de risque susceptibles d'alourdir, dans la durée, le coût des opérations pour les finances publiques. La fonction principale du PPP est alors une fonction de « cachette » de la dette publique. Nous ferons abstraction, dans ce qui suit, de ces comportements opportunistes et considérons que le recours au PPP est exclusivement déterminé par l'autre préoccupation principale des gouvernements.

Cette deuxième préoccupation a été clairement explicitée dans les lois britanniques et françaises évoquées ci-dessus et elle est particulièrement présente dans les pressions de la Banque Mondiale en faveur des PPP : c'est la perspective d'une moindre subvention pour la puissance publique liée au gain de rentabilité économique que l'opérateur privé est susceptible d'apporter par rapport à un opérateur public. On peut, en effet, escompter que l'opérateur privé, familier de l'effort de rentabilité financière, soit capable d'assurer une meilleure rentabilité interne d'une opération, soit par une économie sur les coûts d'investissement, soit par de plus courts délais de construction, soit par une meilleure maîtrise des coûts d'exploitation ou encore par

---

(1) Cette note est extraite d'une communication présentée par les auteurs à la 13<sup>e</sup> *World Conference on Transport Research* (Rio, 15-18 juillet 2013) sous le titre : « *The conditions of efficiency of a PPP for the public finances* ».

une combinaison de ces efforts de rentabilité. Cela a pu être observé dans une grande variété d'activités (Dewenter et Malatesta, 2001).

L'objectif politique est alors de minimiser la contribution des finances publiques à la réalisation et à l'exploitation d'un équipement public. Nous laissons de côté, dans cette note, la fonction « cachette » de la dette pour ne considérer que cet objectif. // *s'agit alors de savoir si la rémunération des capitaux privés, a priori supérieure à celle des capitaux publics, peut être compensée par les gains de rentabilité que peut assurer l'opérateur privé, de sorte que la dépense publique soit alors minimisée. Cet article propose de formaliser et d'analyser les conditions sous lesquelles un recours à un PPP favorise cette minimisation.*

Pour cela, nous considérerons des projets bénéficiant de recettes commerciales mais aussi de subventions publiques lorsque c'est nécessaire à leur équilibre financier ainsi que cela se présente dans les exemples concrets sur lesquels nous nous appuyons qui concernent des projets français d'autoroute à péage exigeant une part de financement public.

Il reste que le financement, la construction et le fonctionnement de ce genre d'équipement public peuvent impliquer de manière très variable les opérateurs privés. Nous ne considérerons pas cette très grande variété de distributions possibles des rôles entre sphère publique et sphère privée qui correspondent à autant de formules de PPP. La question de la minimisation de la subvention sera réduite à une alternative simplifiée entre deux options que nous nommerons « option publique » et « option privée ».

Ces deux options seront définies dans la section 2. Dans chacun des deux cas, nous préciserons comment se détermine le coût moyen pondéré du capital (CMPC). Dans une troisième section, nous rappellerons la relation mathématique entre le besoin de subvention du projet et le niveau du CMPC compte tenu des paramètres qui déterminent la rentabilité financière d'un projet. La quatrième section sera consacrée à l'estimation des ordres de grandeur de ces paramètres pour un ensemble de projets concrets de sorte que les analyses proposées se situent dans des plages de valeur dont nous soyons assurés qu'elles soient réalistes. Dans une cinquième section, nous nous efforcerons de situer et d'analyser les conditions dans lesquelles le gain d'efficacité de l'opérateur privé permet de compenser un CMPC supérieur à celui de l'opérateur public, c'est-à-dire les conditions pour lesquelles le recours à un PPP est de nature à soulager la dépense publique.

## 2 L'alternative simplifiée public-privée et les valeurs du CMPC

L'analyse repose sur une alternative entre deux solutions délibérément contrastées. Cela revient à écarter, sauf indications contraires, des situations intermédiaires dans lesquelles les rôles des acteurs publics ou privés peuvent être amandés. Les deux options publiques et privées que nous considérons sont « stylisées » de la manière suivante :

- dans l'option dite « publique », l'opérateur en charge du projet est une entité publique ou un EPIC. Cet opérateur public est supposé ne pas réaliser de profits mais doit couvrir les coûts d'investissement et d'exploitation, y compris les

charges financières de ses emprunts, par des recettes commerciales et un éventuel déficit est compensé par la puissance publique : une subvention, déterminée sur la base d'une analyse coût - bénéfice établie *ex ante*, doit alors compléter les recettes attendues de sorte que soit assurée à l'opérateur la couverture des coûts complets ;

- *dans l'option dite « privée »*, le mécanisme est identique, à ceci près que l'opérateur privé peut avoir des conditions d'emprunt plus coûteuses qu'un opérateur public et qu'il doit assurer la rémunération de ses capitaux propres et, donc, la réalisation d'un profit.

Dans ces conditions, le coût moyen pondéré du capital est en principe différent selon les deux options. Selon les règles du jeu que nous venons d'indiquer, *l'opérateur public est supposé mettre en œuvre le projet si le taux de rentabilité interne (TRI) prévu peut couvrir le taux d'intérêt du marché augmenté d'une prime de risque* prenant en compte les incertitudes associées à tout exercice d'évaluation financière de projet (risques dits systémiques, risques sur les coûts d'investissement et de fonctionnement, risques commerciaux liés à des incertitudes sur les prévisions de trafic et de recettes,...). Pour fixer les idées, si les taux de long terme sont de 4 % sur le marché financier<sup>1</sup> et si la prime de risque est estimée à 4 % également, on considère que le CMPC est de 8 % pour l'opérateur public. Pour respecter les règles qui lui sont imposées<sup>2</sup>, l'opérateur public ne peut ainsi engager un projet que si son IRR est au moins égal à 8 %. Pour toute valeur inférieure, une subvention compensatoire est requise afin que ce seuil soit atteint.

*L'opérateur privé ne sera intéressé par le même projet que s'il est en mesure de couvrir la charge de la dette qu'il doit souscrire augmentée d'une prime de risque, comme l'opérateur public, mais aussi d'assurer par une marge bénéficiaire la rémunération de ses fonds propres.* Pour des conditions comparables du marché financier, la rentabilité requise du projet s'établira d'une manière assez différente de la précédente.

En premier lieu, la part de financement pour laquelle l'opérateur privé lève un emprunt de long terme peut être plus coûteuse que pour l'opérateur public dans la mesure où une entreprise privée peut ne pas bénéficier de la même notation financière qu'une entreprise publique dont la dette est, en dernier ressort, garantie par l'état. Dans le cas de grands opérateurs privés européens, les taux peuvent ainsi être augmentés de l'ordre de 50 points de base par rapport à l'opérateur public, ce qui relève à 4,5 % l'ordre de grandeur du taux sur le marché. Les autres éléments de la prime de risque ne relèvent pas des considérations des banques vis-à-vis de l'entité qui emprunte mais résultent d'une analyse de risques propre au projet. L'expérience montre qu'ils sont généralement du même ordre de grandeur que dans l'option publique. Au total, pour cette part de financement couverte par l'emprunt et dans le contexte économique que nous avons retenu, le taux d'intérêt requis pour assurer convenablement la charge de l'emprunt pourrait ainsi passer de 8 à 8,5 % si l'opérateur est privé.

---

(1) Nous retenons, à titre d'exemple et pour pouvoir proposer un peu plus loin des représentations concrètes de nos résultats théoriques, des ordres de grandeur qui correspondent à la situation du premier semestre 2012 dans un pays comme la France côté AAA ou AA+ et pour des emprunts de longue maturité (20 à 35 ans, voire 40 ans).

(2) Tel « l'article 4 » pour RFF.

Pour la part de financement qui correspond aux fonds propres apportés par l'opérateur privé, la rétribution de ce capital engagé (qui intègre également une prime de risque) est sensiblement supérieure. Le taux correspondant varie sensiblement selon les situations conjoncturelles et selon les secteurs d'activité considérés. Il est fréquemment de l'ordre du double du coût des emprunts contractés. Cela peut signifier, par exemple, un taux de rentabilité de l'ordre de 16 % pour cette part du financement.

Si l'on suppose que le financement de l'investissement comporte 80 % d'emprunts et 20 % de fonds propres, ce qui correspond à un *gearing* courant, la combinaison d'une rémunération de 8,5 % pour les premiers et de 16 % pour les seconds correspond à un CMPC de 10 %. Cela signifie que pour toute valeur du TRI du projet inférieure à 10 %, une subvention sera requise par l'opérateur privé pour assurer son équilibre financier.

Observons que de telles sollicitations du contribuable sont théoriquement justifiées, que l'opérateur soit public ou privé, par des avantages externes au bilan financier du projet tels qu'ils ressortent d'un calcul du taux de rentabilité socio-économique (TRE).

- 1) Cela veut dire, en langage ordinaire, que la puissance publique « achète » la même chose quel que soit le statut de l'opérateur. Dès lors, elle a intérêt à choisir le vendeur qui lui propose le « prix » le plus bas. Sur la base des considérations qui précèdent sur les taux de rentabilité requis selon que l'opérateur soit public ou privé et en supposant (provisoirement) qu'ils aient la même efficacité économique, trois situations peuvent être distinguées :  
Pour les projets à forte rentabilité (plus de 10 % avec les ordres de grandeur suggérés), aucun financement public n'est requis, que l'opérateur soit public ou privé. La puissance publique a alors intérêt à conserver la maîtrise d'une opération qui lui apporte un surplus financier.
- 2) Pour les projets de rentabilité moyenne (entre 8 et 10 %), l'opérateur public peut investir sans subvention, alors que l'opérateur privé doit exiger un niveau de subvention qui fasse remonter à 10 % la rentabilité financière du projet. Le premier doit être alors retenu.
- 3) Pour les projets de faible rentabilité (moins de 8 %), une subvention est requise dans les deux cas, mais elle est plus importante si l'opérateur est privé car il faut amener, en ce cas, la rentabilité financière du projet à un niveau plus élevé. L'opérateur public reste toujours le plus intéressant.

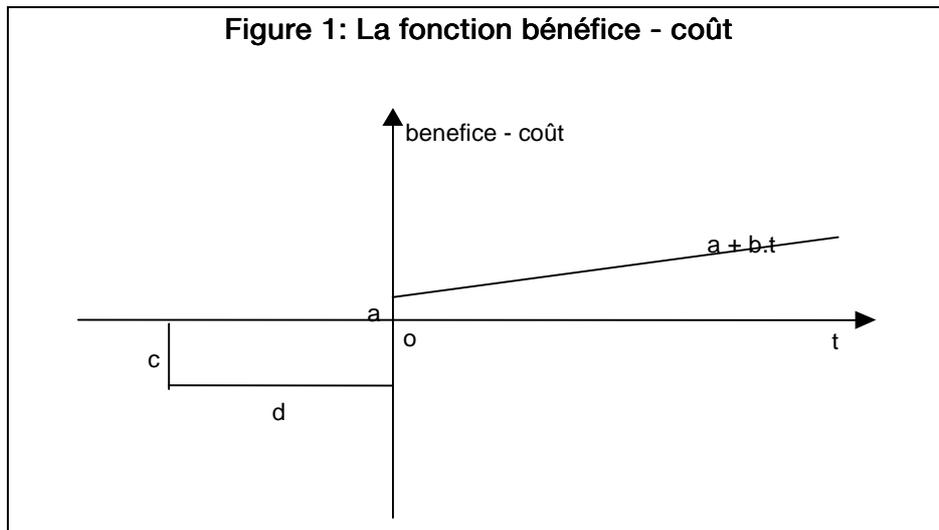
Sous cette hypothèse d'égale efficacité entre secteur public et secteur privé, ces ordres de grandeur illustrent le fait que l'option « privée » est, dans tous les cas plus coûteuse pour les finances publiques que l'option « publique ». Il est donc clair que le recours à un PPP repose sur l'hypothèse inverse : il n'est justifié par de moindres subventions que si l'opérateur privé est plus efficace au point de compenser un CMPC supérieur à celui de l'opérateur public et ainsi de requérir une subvention plus faible.

Pour chacune des deux options, publique ou privée, il y a alors des TRI différents et des besoins de subvention qui en résultent. C'est ainsi *la relation entre le besoin de subvention et les TRI qui est en cause*. Il convient donc d'établir cette relation afin de

formaliser les enjeux de cette alternative pour les financements publics et afin de pouvoir préciser ensuite d'où peut provenir ce gain d'efficience.

### 3 Rentabilité financière, CMPC et besoin de subvention

Pour préciser cette relation, considérons un projet qui correspond à une série chronologique stylisée, mais somme toute classique, des coûts et des bénéfices représentée sur la figure 1. Nous ne prenons en compte que les éléments marchands qui entrent dans un calcul de rentabilité financière. Si la mise en service est supposée réalisée à la date  $t = 0$ , la dépense annuelle entre les dates  $-d$  et  $0$  est de  $c$ . À partir de la mise en service, le bénéfice dégagé est supposé de la forme  $(a+b.t)$ .



Source : auteurs

Le taux de rentabilité interne du projet (TRI), c'est à dire le taux d'actualisation qui annule sa valeur actualisée nette financière  $VAN_f$ , est alors une fonction des quatre paramètres  $c$ ,  $d$ ,  $a$  et  $b$ . Il est à comparer au taux de rentabilité qu'un opérateur (public ou privé) est en droit d'escompter.

Nous utiliserons les notations suivantes :

$\alpha$  est le taux d'actualisation utilisé pour calculer la  $VAN_f$  du projet,

$\alpha_0$  est le TRI du projet, c'est à dire le taux d'actualisation qui annule la  $VAN_f$ ,

$\delta$  est le supplément de TRI que la subvention apporte à l'opérateur,

$\tau$  est le taux de subvention, soit la part de  $c$  financée par subvention.

Pour un taux d'actualisation  $\alpha$ , et un bilan actualisé calculé des dates  $-d$  à  $T$ , la valeur actualisée nette du projet s'écrit :

$$VAN_f = \int_{-d}^0 -c.e^{-\alpha.t}.dt + \int_0^T (a + b.t).e^{-\alpha.t}.dt \quad (1)$$

Nous supposons que l'actualisation est étendue à l'infini, ce qui est sans conséquence sur les résultats qui nous intéressent en raison du faible poids du futur lointain et, surtout, de la convergence des fonctions intégrales de l'équation (1) lorsque  $T \rightarrow \infty$ . Cette équation devient alors<sup>1</sup> :

$$VAN_f = \frac{1}{\alpha} \left[ c(1 - e^{-\alpha \cdot d}) + a + \frac{b}{\alpha} \right] \quad (2)$$

Le TRI du projet,  $\alpha_0$ , est alors solution implicite de l'équation :

$$c(1 - e^{-\alpha_0 \cdot d}) + a + \frac{b}{\alpha_0} = 0 \quad (3)$$

Un taux de subvention  $\tau$  abaisse le coût annuel de construction  $c$  à  $c(1 - \tau)$  et porte le TRI  $\alpha_0$  à  $(\alpha_0 + \delta)$  de sorte l'équation (3) devient :

$$(1 - \tau)c(1 - e^{-(\alpha_0 + \delta) \cdot d}) + a + \frac{b}{\alpha_0 + \delta} = 0 \quad (4)$$

Dont nous pouvons déduire l'expression du taux de subvention :

$$\tau = 1 - \frac{a(\alpha_0 + \delta) + b}{c(\alpha_0 + \delta)(e^{(\alpha_0 + \delta) \cdot d} - 1)} \quad (5)$$

La relation entre  $\tau$ , le taux de subvention, et  $\delta$ , l'augmentation du TRI du projet qu'il s'agit d'apporter à l'opérateur, dépend des paramètres  $c$ ,  $d$ ,  $a$ ,  $b$  et, bien sûr, de  $\alpha_0$ . Ces paramètres sont, en outre, liés entre eux par l'équation (4) qui définit le TRI du projet  $\alpha_0$  (ou ce qui est équivalent,  $\tau = 0$  si et seulement si  $\delta = 0$ ). Cela implique quelques difficultés dans l'étude et la représentation de ces fonctions dont nous verrons que l'on peut les surmonter par la technique des abaques. Cependant, il convient de représenter ces abaques dans des plages de variation des paramètres pertinentes, c'est-à-dire qui correspondent à des valeurs concrètement observées.

## 4 Estimations des ordres de grandeur des paramètres

Pour repérer ces plages de variation pertinentes, il est nécessaire de s'appuyer sur des évaluations financières disponibles et relatives à des projets concrets. Le calcul de rentabilité qui précède ayant été réduit à une représentation simplifiée selon quatre paramètres, il suffit d'en rechercher des estimateurs. Ces estimateurs de  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  seront calculés sur la base de 17 évaluations de projets d'autoroutes (ou de variantes de projet) que nous avons retenues pour deux bonnes raisons. Tout d'abord, ces

---

(1) Les détails des calculs sont présentés dans la présentation initiale de cette formalisation (Bonnafous, 2002).

évaluations sont disponibles dans un rapport officiel<sup>1</sup> dont ces projets ont fait l'objet. Mais surtout, il s'agit d'une des rares bases de données sur des évaluations de grands projets autoroutiers dont les résultats ont été harmonisés pour les besoins de ce rapport et pour lesquels ont été calculés les rentabilités financières et les besoins de subvention avec des méthodes identiques.

Ces méthodes sont évidemment classiques et relèvent de l'analyse coût-bénéfice. Elles ne s'appuient donc pas sur le modèle développé dans la précédente section, mais sur un calcul détaillé des chroniques de coûts et de bénéfices. Pour travailler à l'aide de notre propre modèle, il convient donc de déduire de ces évaluations disponibles les valeurs numériques des paramètres  $a, b, c$ , et  $d$  qui leur correspondent.

Pour cela, nous faisons l'hypothèse que la linéarité de la série chronologique des coûts et bénéfices représentée sur la figure 1 est une bonne approximation de la série chronologique des coûts et bénéfices issus des évaluations des projets. Cette hypothèse est d'autant plus raisonnable que dans ces évaluations, les trafics sont supposés croître linéairement et que les péages sont supposés constants en prix réels. Nous faisons également l'hypothèse que l'actualisation à l'infini des bénéfices fournit une approximation acceptable de l'actualisation sur 50 ans.

Pour simplifier l'analyse, nous séparerons dans l'équation (2) le coût actualisé  $C^*$  des travaux qui se déduit de l'équation 1 et s'écrit :

$$C^* = \frac{c}{\alpha} (e^{\alpha \cdot d} - 1) \quad (7)$$

Cela revient à se libérer provisoirement de la variation des paramètres  $c$  et  $d$ , alors qu'ils peuvent évidemment différer selon que l'opérateur est public ou privé. Nous choisissons pour l'instant de « cacher » ces deux paramètres dans  $C^*$ . Auquel cas l'équation (2) devient :

$$VAN_f = -C^* + \frac{a}{\alpha} + \frac{b}{\alpha^2} \quad (8)$$

Le TRI du projet,  $\alpha_0$ , est alors solution de l'équation (3) qui devient :

$$-C^* + \frac{a}{\alpha_0} + \frac{b}{\alpha_0^2} = 0 \quad (9)$$

Si l'opérateur, qu'il soit public ou privé, exige un TRI supérieur, soit  $(\alpha_0 + \delta)$ , celui-ci peut être assuré par une subvention  $S$  qui vérifie :

$$S = C^* - \frac{a}{\alpha_0 + \delta} - \frac{b}{(\alpha_0 + \delta)^2} \quad (10)$$

Les équations (9) et (10) sont alors deux équations linéaires à deux inconnues,  $a$  et  $b$ , dans la mesure où, pour chacune des 17 évaluations disponibles, nous connaissons :

- le coût du projet  $C^*$ ;

---

<sup>1</sup> Il s'agit du rapport de 2003 du Conseil général des Ponts et Chaussées et de l'Inspection générale des Finances.

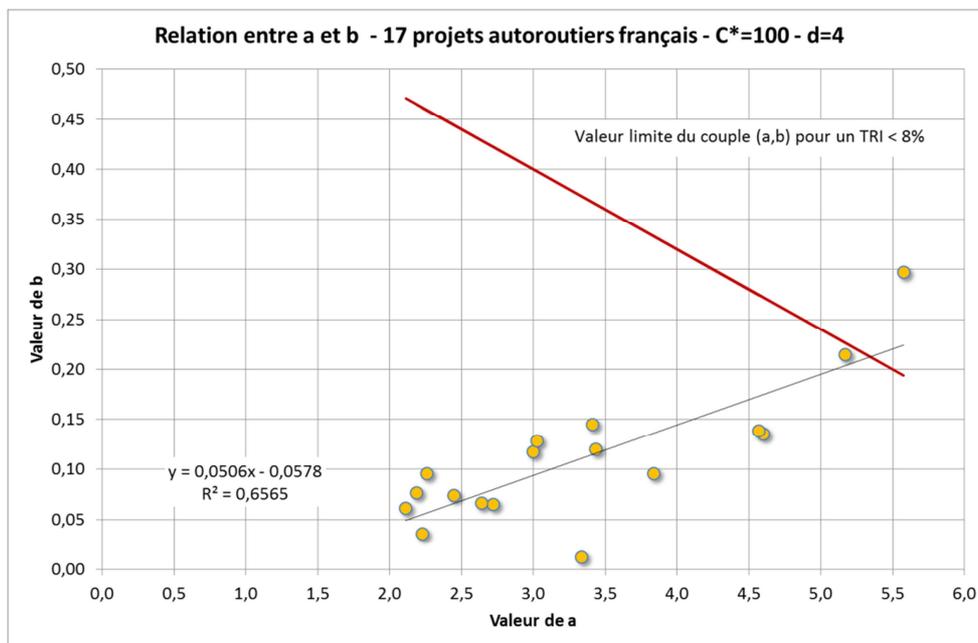
- le TRI du projet  $\alpha_o$  ;
- l'estimation de la subvention  $S$ , calculée pour un TRI cible ( $\alpha_o + \delta$ ), en l'occurrence 10 % dans le rapport utilisé.

Les valeurs numériques obtenues pour les estimateurs de  $a$  et  $b$  pour chacun des 17 projets autoroutiers utilisées sont présentées en annexe. Pour notre exercice, nous retiendrons, sur la base des valeurs obtenues, les plages de valeur qui méritent d'être explorées.

## 5 Les plages de variation pertinentes des paramètres

Pour chacun des 17 projets, nous avons ainsi estimé les paramètres à l'aide des équations (9) et (10),  $C^*$  étant fixé à 100 par convention pour chaque évaluation. La valeur moyenne des estimateurs de  $a$  est de 3,3 et celle de  $b$  de 0,11. Les valeurs obtenues pour les 17 projets sont représentée sur la figure 2 ci-dessous.

Figure 2 : Estimations de  $a$  et  $b$  pour les 17 projets (avec  $C^*=100$  par convention)



Source : auteurs

Remarquons que le problème que nous posons n'est plus crucial lorsque  $\alpha_o > 8\%$ . On déduit aisément de l'équation (9) que cela correspond à l'inégalité  $b > -0,08.a + 0,64$  représentée sur la figure ci-dessus. Nous observons qu'un seul des 17 projets se trouve dans ce cas et, donc, que tous les autres requièrent une subvention.

Dans les calculs qui vont suivre, il s'agit d'explorer des situations correspondant à des ordres de grandeur vraisemblables en faisant varier les paramètres entre des bornes. Pour la définition ces bornes pour  $a$  comme pour  $b$ , on peut tout simplement retenir des valeurs proches des valeurs minimales et maximales de l'échantillon traité, soit 2 et 6 pour  $a$  et 0 et 0,3 pour  $b$ . La figure 2 ci-dessus suggère par ailleurs que l'on peut

également faire varier conjointement les deux paramètres, ce qui sera proposé plus loin.

Bien entendu, l'opérateur privé peut également prétendre à une plus grande efficacité qui permette d'abaisser le niveau de  $C^*$ . Les possibilités d'un tel gain d'efficacité apparaissent clairement dans l'équation (7) : elles peuvent résulter, soit d'une réalisation plus rapide des travaux, c'est-à-dire d'une moindre durée  $d$ , soit de coûts mieux contrôlés, c'est-à-dire d'une moindre dépense  $c$ . En toute rigueur, si l'on simule une diminution de l'un de ces paramètres (ou des deux simultanément), la valeur de  $\alpha_0$  s'en trouve augmentée, conformément à ce qu'exprime l'équation (9). Il en sera évidemment tenu compte dans les calculs ultérieurs.

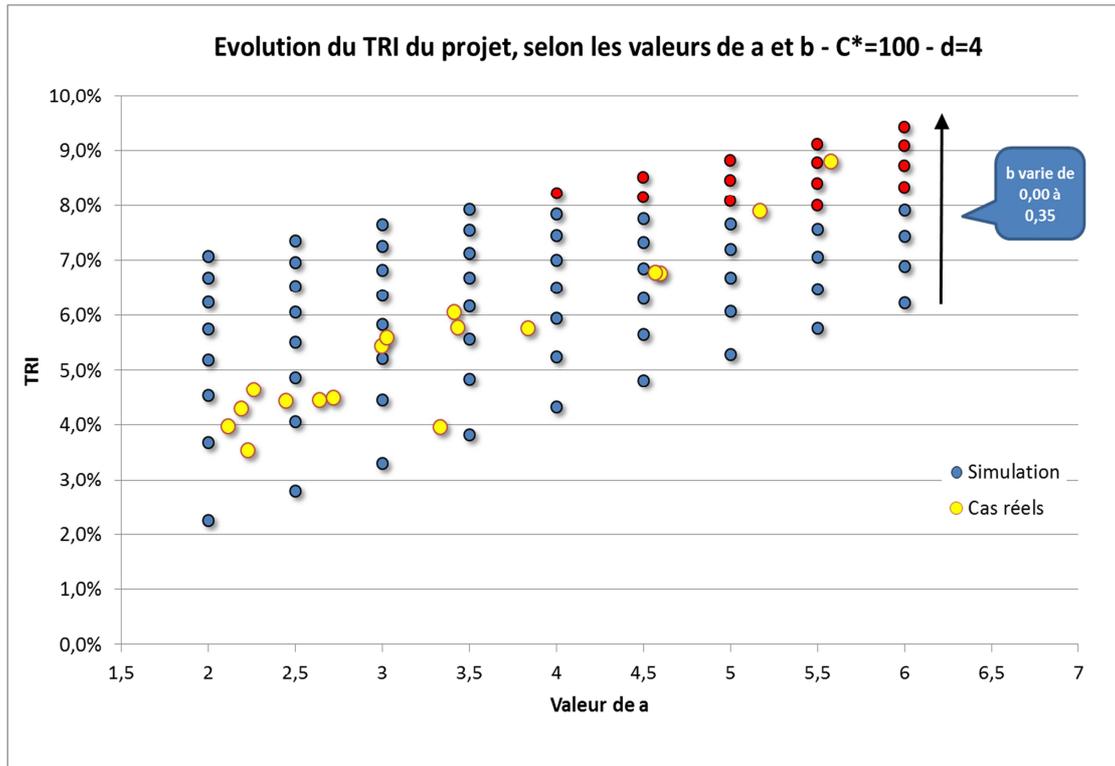
Pour les ordres de grandeur à retenir  $C^*$  est par convention ramené à 100 dans chaque projet, car c'est ainsi que les estimations de  $a$  et  $b$  ont été établies à partir des évaluations réelles de chaque projet. Ce coût sera donc considéré comme celui de l'opérateur public. Il correspond à une durée de travaux supposée de 4 ans. C'est donc à partir de ces valeurs que les simulations seront réalisées.

Cette normalisation à 100 de  $C^*$  pour tous les projets a l'avantage de donner une interprétation simple des paramètres  $a$  et  $b$  :  $a$  est le classique taux de rentabilité immédiate (exprimé en pourcentage puisque ramené à un taux actualisé de 100) et  $b$  est le gradient de l'évolution du bénéfice supposée linéaire (cf. fig. 1).

Concernant les TRI cible pour l'opérateur ( $\alpha_0 + \delta$ ), rappelons que nous avons évoqué, en section 2 les ordres de grandeur des CMPC selon que l'opérateur soit public (8 %) ou privé (10 %). Dans cette note, nous considérerons ces valeurs comme données et ne les ferons pas varier car cela alourdirait sensiblement les résultats.

Aux plages de variation ainsi retenues correspondent bien entendu des variations de TRI du projet ( $\alpha_d$ ). Par exemple, le graphique ci-dessous représente ces variations fonction de  $a$  et  $b$  pour  $d=4$  et  $C^* = 100$ . Le graphique permet aussi de situer les 17 « cas réels » qui sont représentés par leurs valeurs spécifiques de  $a$  et  $\alpha_d$ .

Figure 3 : Influence des variables  $a$  et  $b$  sur le TRI des projets



Source : auteurs

Nous avons distingué sur ce graphique les projets pour lesquels  $\alpha_o > 8\%$ . On retrouve sur le graphique l'unique projet qui est dans ce cas.

## 6 Quelques résultats sur la problématique du basculement

Il s'agit, alors, de comparer des montants de subvention dans deux situations alternatives qui sont soit un opérateur public ( $i=1$  dans ce qui suit) soit un opérateur privé ( $i=2$ ). Si les valeurs économiques qui caractérisent un projet conduisent à des subventions  $S_1$  et  $S_2$  égales, ce qui correspond à ce que nous appellerons un point de basculement, alors, les paramètres respectifs des deux alternatives vérifient :

$$S_1 = C_1^* - \frac{a_1}{0,08} - \frac{b_1}{0,08^2} = S_2 = C_2^* - \frac{a_2}{0,10} - \frac{b_2}{0,10^2} \quad (11)$$

Cette relation synthétise l'avantage pour l'opérateur public qui peut se contenter d'un CMPC de 8 % alors que l'opérateur privé doit assurer 10 %. C'est donc sur les valeurs respectives des  $C_i^*$ ,  $a_i$  et  $b_i$  que va se jouer le basculement en faveur de l'un ou l'autre des opérateurs.

La valeur de basculement est définie par la situation où il est indifférent de réaliser le projet avec un opérateur public (situation 1) ou d'avoir recours à un PPP (situation 2). Il s'agit donc pour un projet 1 donné ( $a, b, c, d, \alpha$ ), de rechercher dans quelles

conditions un PPP permet d'égaliser les besoins de subvention  $S_p$ , c'est-à-dire de définir le champ de valeur des paramètres qui assure une plus grande efficacité du privé dans la construction et l'exploitation du projet. Cette plus grande efficacité peut se trouver dans une modification des paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , et  $d$  c'est à dire :

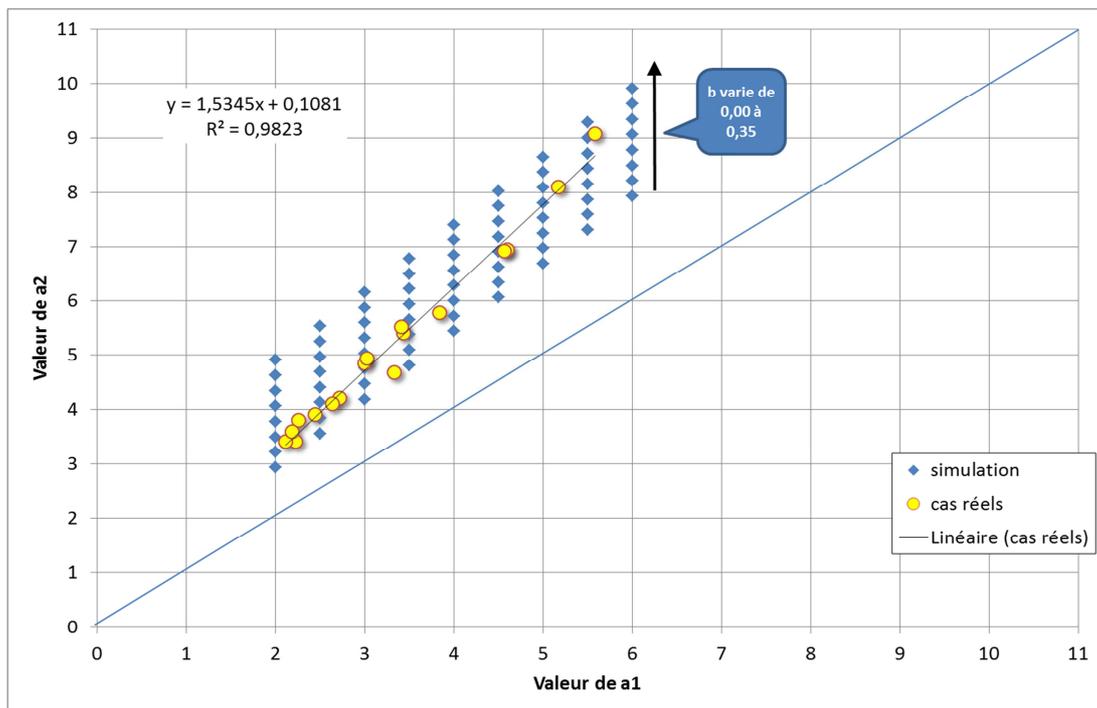
- Dans une augmentation de la rentabilité immédiate :  $a_2 > a_1$ ,
- Dans une meilleure évolution du bénéfice annuel au cours du temps :  $b_2 > b_1$ ,
- Dans la réduction du coût de construction :  $c_2 < c_1$ ,
- Dans la réduction de la durée d'exécution du chantier :  $d_2 < d_1$ ,

Il est possible que l'opérateur privé soit plus efficace sur ces quatre domaines, mais dans un premier temps, nous procéderons à des simulations qui consistent à évaluer l'effort à réaliser sur un seul paramètre.

### Quelle performance sur $a$ ?

$C^*$  restant fixé à 100 et  $d$  à 4 ans, il s'agit de calculer à l'aide de l'équation (11) et pour les plages de variation retenues de  $a_1$  et  $b_1$ , les valeurs que doit atteindre  $a_2$ . Le résultat reporté sur la figure 4 fait évidemment ressortir des valeurs de  $a_2$  toujours supérieures à celle de  $a_1$ .

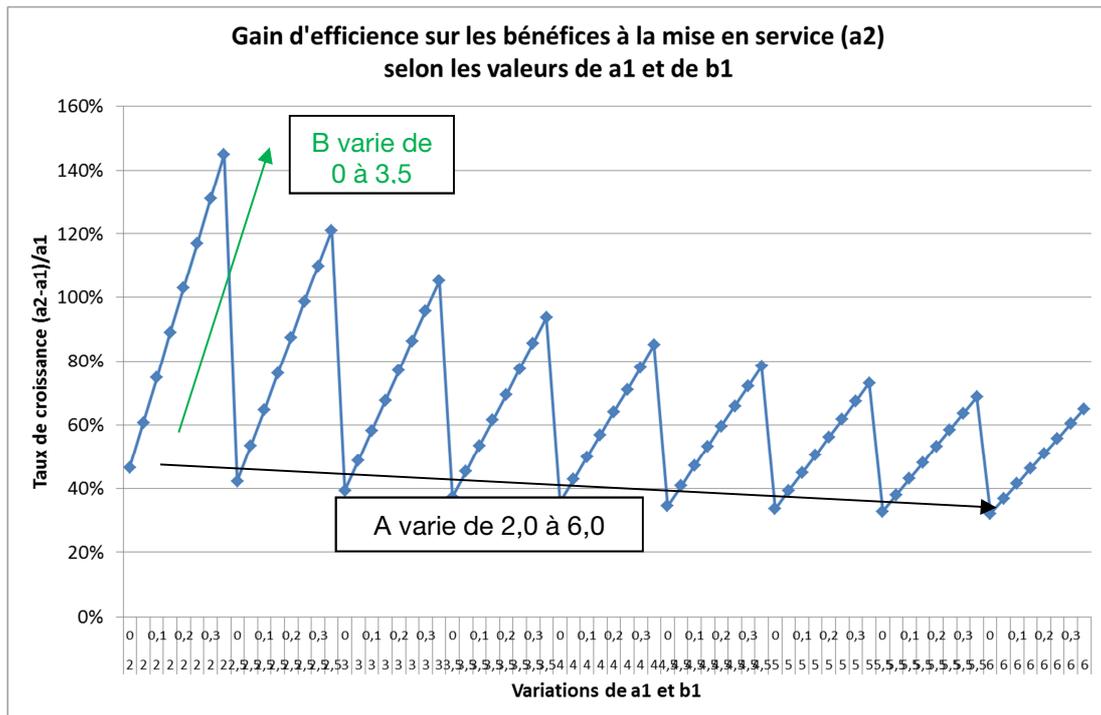
Figure 4 : gain d'efficacité sur les bénéfices à la mise en service  $a_2$



Source : auteurs

Cependant pour apprécier le gain d'efficacité que requiert le PPP, on peut représenter (figure 5) ce gain en valeurs relatives.

Figure 5 : gain relatif d'efficacité sur les bénéfices à la mise en service  $a_2$



Source : auteurs

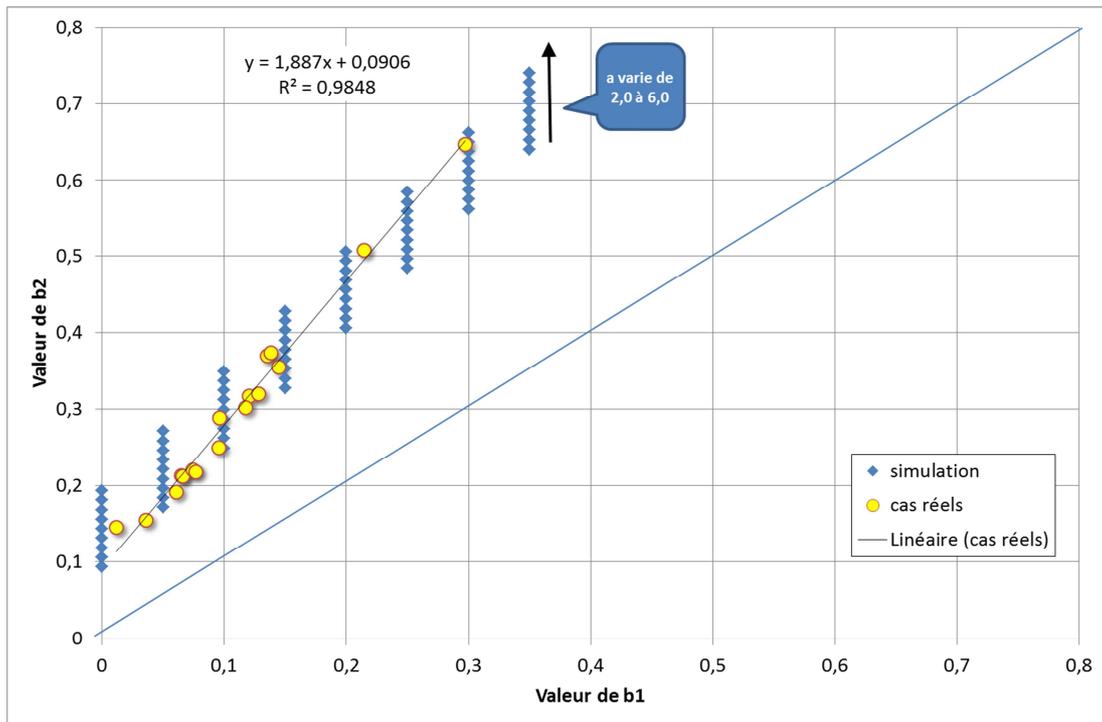
Exprimés en pourcentage, ces gains d'efficacité sur  $a_2$  sont particulièrement élevés (de 32 à 145 % selon les valeurs de  $a_1$  et  $b_1$ , dans le cadre des hypothèses retenues). Le calcul effectué sur la base des projets réels montre que dans ces cas concrets, le gain d'efficacité requis sur ce seul paramètre serait compris entre 40 et 68 %.

En première analyse, un tel résultat semble inatteignable. Cependant on ne peut omettre que  $a$  représente une différence (rapportée au coût actualisé de l'investissement) entre des recettes et des coûts de fonctionnement pour la première année de la mise en service. Cela signifie qu'un gain limité sur ces coûts peut avoir un effet significatif sur cette différence.

### Quelle performance sur $b$ ?

Nous sommes toujours sous l'hypothèse où  $C^*$  est fixé à 100 et  $d$  à 4 ans. Il s'agit de calculer à l'aide de l'équation (11) et pour les plages de variation retenues de  $a_1$  et  $b_1$  les valeurs que doit atteindre  $b_2$ . Le résultat reporté sur la figure 6 fait évidemment ressortir des valeurs de  $b_2$  sensiblement supérieures à celle de  $b_1$ .

Figure 6 : gain d'efficacité sur la croissance des bénéfices  $b_2$



Source : auteurs

Il apparaît que dans la quasi-totalité des cas, il faudrait doubler la valeur de  $b$  pour atteindre le point de basculement dans les hypothèses retenues. Cette forte variation tient en partie à la faible valeur de  $b_1$ . On notera également que la valeur requise de  $b_2$  est d'autant plus forte que  $a_1$  est fort. Une nouvelle fois, il s'agit d'un gain d'efficacité apparemment très ambitieux.

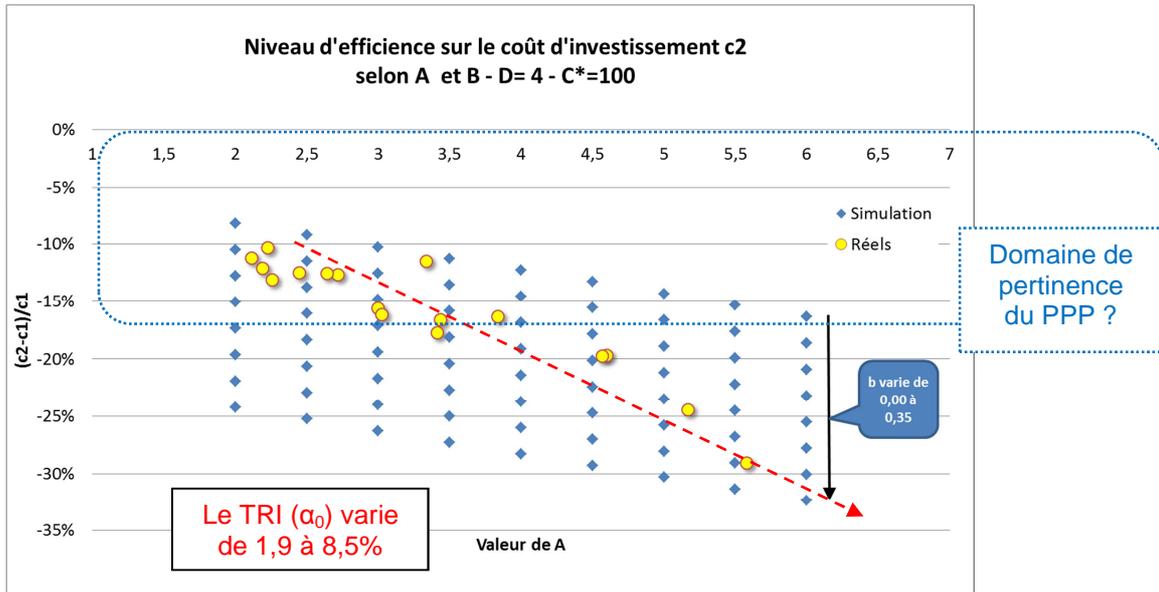
### Quelle performance sur $c$ ?

Nous supposons ici que tous les paramètres sont équivalents sauf le coût  $c_2$  pour lequel on suppose que l'opérateur privé est capable de réaliser des économies par rapport à  $c_1$ . Sur la figure 7 ci-après, ces économies nécessaires pour atteindre le point de basculement sont reportées en valeurs relatives. Pour atteindre l'égalité des subventions publiques, il apparaît que selon les valeurs de  $a$  et  $b$  ces économies varient de 8 à 32%.

Il apparaît que là encore, le challenge semble relativement ambitieux pour l'opérateur privé. Cependant, si l'on considère certains grands chantiers de même nature, des cas ont été observés en France de grands chantier pour lesquels l'opérateur public a enregistré une dérive des coûts initialement prévus de plus de 17 %<sup>1</sup> alors que dans les cas de concession ces débordements sont plutôt rares. C'est ainsi que nous faisons figurer sur le graphique un domaine de pertinence des PPP qui correspond à cet ordre de grandeur mais avec évidemment un point d'interrogation.

(1) En particulier dans le cas de la ligne de TGV Paris-Strasbourg.

Figure 7 : gain d'efficacité sur les coûts de construction  $c_2$



Source : auteurs

Sur ce graphique, nous avons également représenté par une flèche en pointillée la tendance du TRI initial du projet (Plus le TRI du projet est faible, moins l'effort d'efficacité est important, ce qui confirme l'hypothèse que c'est bien sur les projets les moins rentables que le PPP peut être une bonne solution, ainsi que cela avait pu être montré dans des travaux antérieurs sur le thème du paradoxe de la rentabilité financière (Bonnafous, 1999 et 2002). Par exemple, pour les 7 projets les moins rentables, l'effort sur l'abaissement des coûts reste inférieur à 13 % alors qu'il est du double pour les projets les plus rentables.

Ce résultat confirme ce paradoxe selon lequel, contrairement à ce que suggère notre intuition, *le recours à un PPP a toutes les chances d'être plus efficace pour les finances publiques lorsque la rentabilité financière des projets est faible.*

Notons qu'à côté de cet effort sur  $c_2$ , il est également possible d'abaisser le coût actualisé de l'investissement  $C^*$  par le fait d'un chantier plus rapide, c'est-à-dire par une action sur  $d$ .

### Quelle performance sur $d$ ?

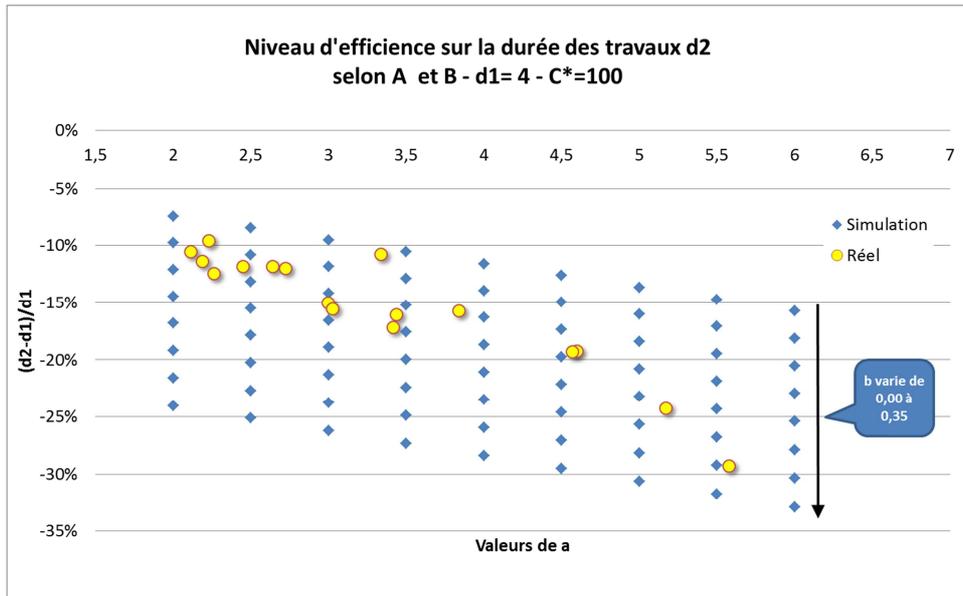
Tous les autres paramètres étant figés, on recherche alors quelle doit être la réduction de la durée des travaux ( $d_2$ ). Les équations (7) et (11) permettent d'établir aisément la forme explicite de  $d_2$  et de simuler ainsi les valeurs de basculement de cette durée représentées sur la figure 8. La réduction nécessaire de la durée des travaux est comprise entre 7 % et 33 %, c'est-à-dire pour un chantier censé durer 4 ans, une réduction de 3 à 15 mois.

Pour fixer les idées, un ouvrage comme le viaduc de Millau a fait l'objet d'une concession et a pu être construit en 3 ans et deux mois, soit un mois seulement de moins. Il est vrai qu'il s'agissait d'un ouvrage particulièrement complexe. Pour des

chantiers plus classiques, des gains de 3 à 6 mois sur 4 ans ne sont pas invraisemblables.

Relevons que comme pour  $c_2$  la réduction de durée doit être d'autant plus forte que les valeurs de  $a_1$  et  $b_1$  sont élevées (et donc que le TRI est élevé). Nous retrouvons là une marque supplémentaire du paradoxe de la rentabilité financière.

**Figure 8 : gain d'efficiency sur la durée des travaux  $d_2$**



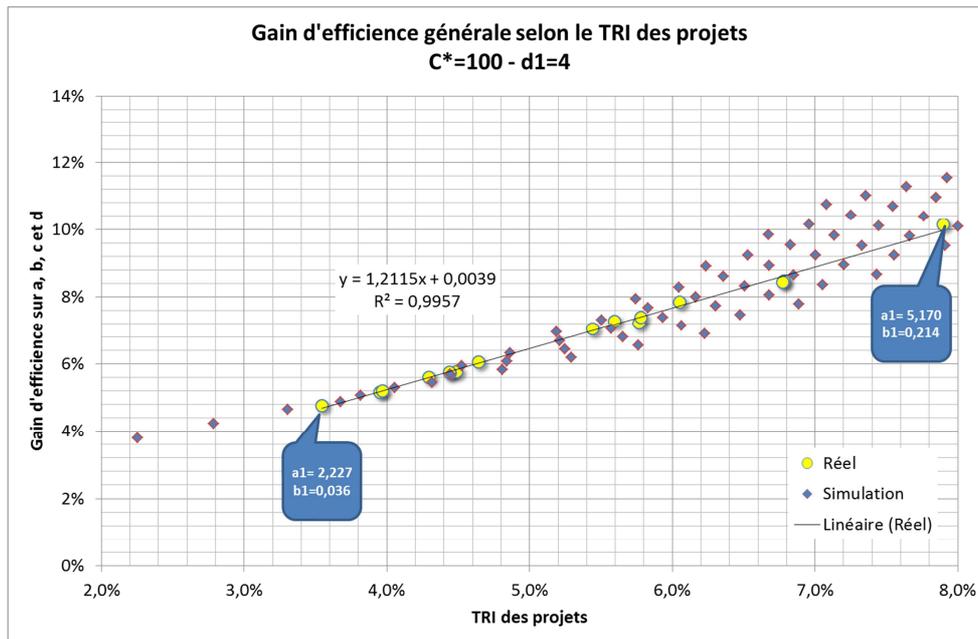
Source : auteurs

Les simulations montrent que les efforts d'efficiency sont importants et souvent irréalisables lorsqu'ils sont considérés séparément. La réalité ne correspond jamais à cette logique *ceteris paribus*. Il est sans doute plus réaliste de considérer des efforts conjoints.

***L'hypothèse de performances conjointes et équivalentes sur les quatre paramètres***

Même s'il semble naïf de considérer que les quatre paramètres peuvent être abaissés dans les mêmes proportions, nous avons testé l'hypothèse, toujours avec le même jeu d'équations. Comme les variations conjointes des paramètres peuvent être synthétisées dans le TRI, sur la figure 9 nous représentons celui-ci en abscisse et en ordonnée le gain d'efficacité qui correspond au basculement (exprimé en pourcentage des paramètres  $a_2$ ,  $b_2$ ,  $c_2$  et  $d_2$ ).

Figure 9 : Gain d'efficacité moyen de basculement et TRI des projets



Source : auteurs

On observe qu'un gain de l'ordre de 6 % sur ces quatre paramètres assure le basculement en faveur des PPP pour les projets les moins rentables dont les TRI sont inférieurs à 5 %. Avec cet ordre de grandeur du gain d'efficacité requis, on peut penser que le challenge peut être relevé par un opérateur privé. Ce challenge est ensuite d'autant plus compliqué que le TRI et les paramètres  $a$  et  $b$  augmentent. On peut tout de même noter que la difficulté du challenge dépend de l'efficacité relative du secteur public et qu'il peut y avoir des pays, des organismes publics ou des secteurs dans lesquels les faibles performances permettent d'envisager des gains d'efficacité très supérieurs à 6 %.

## 7 Une nouvelle illustration du paradoxe de la rentabilité financière

Une interprétation très simple peut être donnée de ces résultats qui confirment ce que nous avons préalablement appelé le paradoxe<sup>1</sup> de la rentabilité financière (Bonnafous, \*\*\*). À l'aide du couple d'équations (3) et (5), on peut établir la dépendance du taux de subvention par rapport aux valeurs des paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  (et donc à  $\alpha_j$ ) et par rapport à  $\delta$ . Si nous voulons représenter cette dépendance, il nous faut figer certains de ces cinq paramètres et ne faire varier que ceux dont nous souhaitons exhiber le rôle. Nous aurons recours, pour cela, à la technique classique des abaques. Nous ne représenterons qu'un seul de ces abaques (figure 10), qui sera suffisant pour illustrer notre propos.

Le coût annuel de construction  $c$  est fixé à une valeur normée de 25, la durée  $d$  de cette construction est fixée à 4 ans. Nous considérerons des couples de valeurs de  $a$ ,

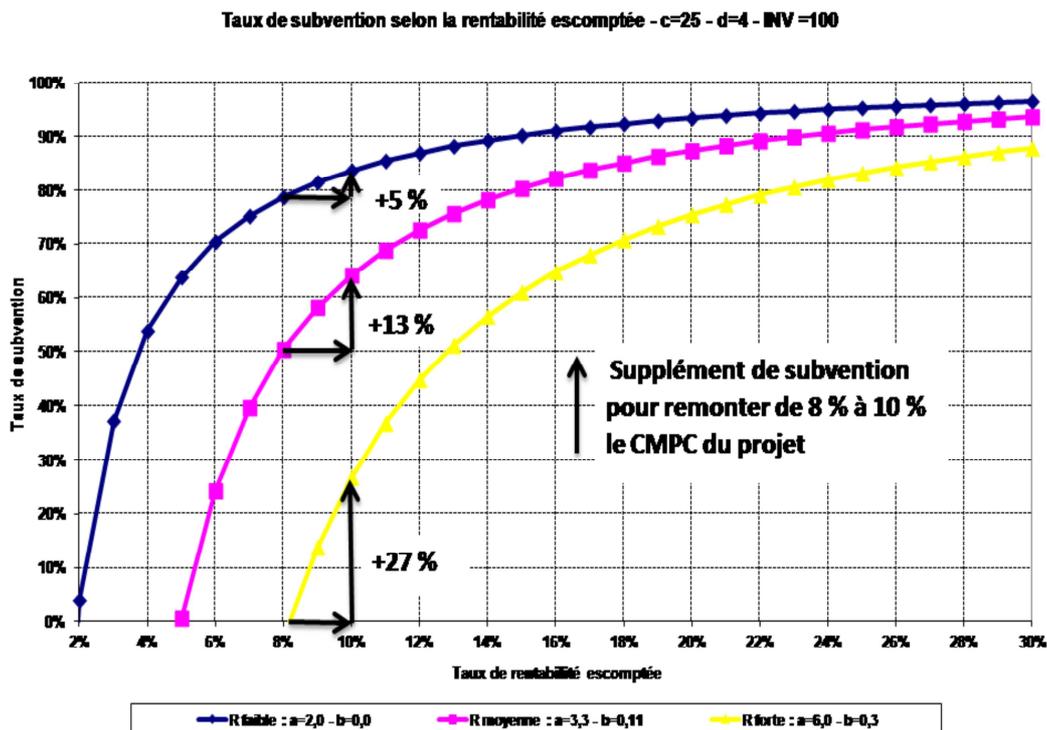
(1) À ne pas confondre avec le Public Private Partnership Paradox qui concerne l'intérêt pour la puissance publique de ne pas externaliser certains risques (Gray S. and al. 2010).

le bénéfice net du projet à la date de mise en service, et de  $b$ , l'accroissement annuel du revenu net. Chaque couple de valeur de  $a$  et  $b$  correspond évidemment à une valeurs de  $\alpha_o$ , le IRR intrinsèque du projet, et à trois fonctions du taux de subvention, fonctions de  $(\alpha_o + \delta)$ . Trois cas seront distingués :

- un cas de faible rentabilité avec un IRR intrinsèque de 2 % qui correspond à des valeurs minimales de  $a$  et  $b$  dans la partie empirique de notre exercice, soit respectivement 2,0 et 0,0 ;
- un cas de forte rentabilité avec un IRR intrinsèque de 8 % qui correspond à des valeurs maximales de  $a$  et  $b$ , soit respectivement 6,0 et 0,3 ;
- un cas médian avec un IRR intrinsèque de 5 % qui correspond à des valeurs respectives de  $a$  et  $b$  de 0,3 et 0,11.

Ce que nous dénommons le *profitability rate paradox* apparaît alors clairement sur la figure 10 et peut se résumer dans le fait que le recours à un PPP a d'autant plus de chances d'être avantageux pour la puissance publique que l'IRR intrinsèque  $\alpha_o$  est faible. En effet, faisons un instant l'hypothèse que les opérateurs public et privés sont équivalents en termes de performances et pour un même projet dégagent le même IRR intrinsèque  $\alpha_o$ .

Figure 10 : TRI intrinsèque, taux de subvention et CMPC



Source : auteurs

Avec les valeurs de CMPC que nous avons retenues pour l'option publique (8 %) et pour l'option privée (10 %), la valeur de  $\alpha_o$ , la plus élevée (8 %) correspond à une subvention nulle dans l'option publique mais à une subvention de 27 % des coûts de construction avec un partenariat privé. Dans le cas médian, avec une valeur de 5 % de  $\alpha_o$ , l'opérateur public requiert une subvention proche de 50 % et le passage du

public au privé demande de relever cette subvention de 13 %. Dans le cas où  $\alpha_o$  n'est que de 2 %, l'opérateur privé requiert une subvention de 79 % des coûts qui est augmentée de 5 % en cas de recours à un opérateur privé.

D'où cette formulation du paradoxe : à efficience équivalente des opérateurs, le passage d'un opérateur public à un opérateur privé est d'autant moins coûteux que la rentabilité du projet est faible. Ce résultat est évidemment la conséquence de propriétés mathématiques de la fonction exprimée dans l'équation (5). Plus précisément de la concavité de cette fonction et du fait que sa dérivée en fonction de  $\delta$  est d'autant plus forte que  $\alpha_o$  est faible.

Cette propriété se traduit alors dans la problématique de cet article qui pose la question des gains d'efficience que l'opérateur privé doit assurer pour compenser un CMPC plus élevé : cette compensation sera d'autant plus modeste que l'écart de subvention qu'il s'agit de compenser est faible et, par conséquent, que la rentabilité intrinsèque du projet est basse.

Cela peut être illustré par des ordres de grandeur (lisibles aussi bien sur la figure 7 que sur la figure 10) si l'on suppose que le gain d'efficience ne porte que sur les coûts de construction, c'est-à-dire sur la différence ( $c_1 - c_2$ ) avec les notations du précédent paragraphe : Dans le cas d'un projet d'un IRR intrinsèque de 8 %, l'opérateur privé devrait être en mesure d'abaisser les coûts de construction d'au moins 27 %, alors qu'une économie de 5 % sur les coûts suffirait dans le cas d'un IRR intrinsèque de 2 %.

## 8 Conclusion

Le premier résultat de cette investigation tient à cette confirmation du paradoxe de la rentabilité financière qui veut que le recours aux PPP est d'autant plus intéressant pour les finances publiques que les projets concernés sont de faible rentabilité.

Les ordres de grandeur obtenus sur ce que nous avons appelé les valeurs de basculement constituent l'autre résultat qui est celui-ci (à notre connaissance) inédit. Il nous suggère que le recours à un PPP requiert des gains d'efficience de la part de l'opérateur privé qui sont relativement importants, du moins avec les CMPC actuellement pratiqués et que nous avons retenus.

Pour compléter cet exercice, il serait utile d'explorer des valeurs différentes de ces CMPC qui pourraient résulter de changements significatifs sur les marchés financiers de long terme ou encore d'une couverture du risque d'une part des emprunts privés par la puissance publique.

L'autre investigation que ce travail désigne tout naturellement concernerait une analyse précise de comparaison des coûts (de construction et d'exploitation) entre opérateurs publics et opérateurs privés. Nous n'avons pu jusqu'ici que l'esquisser en raison de la confidentialité de certaines données et surtout du fait qu'elles peuvent ne pas exister lorsque l'opérateur est public. Une connaissance détaillée des différences d'efficience entre le public et le privé permettrait de mieux situer, secteur par secteur les frontières de pertinence du recours aux PPP.

## 9 Références

BONNAFOUS A., (2002), « Les infrastructures de transport et la logique financière du partenariat public-privé : quelques paradoxes », *Revue Française d'Economie*, 17(1).

BONNAFOUS A. & JENSEN P. (2005), « Ranking Transport Projects by their Socio-economic Value or Financial Interest Rate of Return ? », *Transport Policy*, 12.

Conseil général des Ponts et Chaussées et Inspection générale des Finances (2003), *Rapport d'Audit sur les Grands Projets d'Infrastructures de Transport*.

DESRIEUX C. (2006), Le rôle de l'autorité publique dans la gestion des services publics locaux : Une approche par la théorie des contrats incomplets, *Revue économique*, 57 (3).

DEWENTER K.L., MALATESTA P.H. (2001), « State-Owned and Privately Owned Firms : An Empirical Analysis of Profitability, Leverage, and Labor Intensity. » *American Economic Review*, 91(1).

ENGEL E., FISCHER F. & GALETOVIC A. (2007), The basic public finance of public-private partnerships, *Cowles Foundation Discussion Paper No. 1618*.

FAIVRE d'ARCIER B., MIGNOT, D. « Using Economic Calculation as a Simulation Tool to Assess. Transport Investments », 8th WCTR, Antwerp, July 1998, 14p.

HART O. (2003), « Incomplete Contracts and Public Ownership: Remarks, and an Application to Public-Private Partnerships », *The Economic Journal*, 113 (486).

MARTY F. (2007), « partenariats public-privé, règles de discipline budgétaire, comptabilité patrimoniale et stratégies de hors bilan », *Document de travail OFCE*, 2007-29.

MASKIN E., TIROLE J. (2008), "Public-Private Partnerships and Government Spending Limits", *International Journal of Industrial Organization*, vol. 26, (2).

World Bank PPI Project Database (2009) (<http://ppi.worldbank.org/>).