

## Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics

# Complément opérationnel F

## VALEUR RÉSIDUELLE ET HORIZON DE PROJECTION

**Michel Massoni**<sup>1</sup>  
Membre du comité d'experts

Date de validation : comité du 2 juillet 2019

### Résumé

Le résultat principal de l'évaluation socioéconomique d'un projet donné est sa valeur actuelle nette socioéconomique (VAN SE) qui s'exprime de façon générale par la formule (1) suivante<sup>2</sup> :

$$VAN SE = \sum_{i=t_{début}-t_k}^{t_{fin}-t_k} \left( \frac{-J_{i+t_k} + B_{i+t_k} - C_{i+t_k}}{(1+r)^i} \right) + \frac{VR_{t_{fin}}}{(1+r)^{t_{fin}-t_k}} \quad (1)$$

où J, B et C représentent respectivement les investissements initiaux, les bénéfices et les dépenses courantes (notamment d'exploitation et d'entretien) associés au projet à l'année  $i$  (exprimés en euros constants, en différentiel par rapport à l'option de référence),  $r$  le taux d'actualisation,  $t_k$  l'année d'actualisation,  $t_{début}$  la date de départ des dépenses d'investissements et  $t_{fin}$  la date de fin d'exploitation et des recettes et dépenses associées et VR la valeur résiduelle de l'investissement (au-delà de la période d'évaluation) qui fait l'objet de la présente fiche.

### ***Approche théorique en information parfaite et notion comptable***

En situation d'information parfaite, la période d'évaluation (et de calcul de la VAN SE) correspond à la durée d'exploitation envisagée sur la base de critères techniques

<sup>1</sup> Membre associé du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).

<sup>2</sup> Voir le *Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics*, p. 36.

(usure des équipements par exemple), d'une optimisation technico-économique (en anticipant par exemple une augmentation des coûts d'entretien avec l'âge des équipements) ou de la baisse attendue de l'utilité du projet (face à l'émergence de nouvelles technologies plus performantes par exemple). Dans ce cas, la valeur résiduelle VR rend compte des flux financiers liés aux opérations mises en œuvre à l'issue de la durée d'exploitation : dépenses de remise en état du site, recettes tirées de la vente d'équipement ou de matières récupérables en fin d'exploitation, etc. En général, elle est inférieure à la somme des investissements initiaux car les actifs immobilisés se déprécient au cours du temps ; elle peut être négative si les coûts de sortie auxquels il faut consentir excèdent la valeur de revente éventuelle des matériels en fin d'exploitation.

Prise sous cet angle, la valeur résiduelle correspond à la notion bien connue qu'elle recouvre en comptabilité, définie comme « le montant, net des coûts de sortie attendus, qu'une entité obtiendrait de la cession de l'actif sur le marché à la fin de son utilisation »<sup>3</sup>. La démarche pratique mise en œuvre en comptabilité ne consiste pas à apprécier la valeur résiduelle de l'actif de manière prévisionnelle mais à s'appuyer, à la date d'acquisition, sur le prix de cession d'un actif similaire qui aurait déjà été utilisé pendant la même durée que celle envisagée. Cette approche est assez facile à mettre en œuvre lorsqu'il existe un marché de l'occasion pour le type d'équipement considéré, par un exercice d'amortissement linéaire ou progressif sinon.

### ***Difficultés de mise en œuvre pratique pour les projets d'investissements publics***

L'évaluation socioéconomique des projets d'investissements publics se heurte à deux difficultés principales en ce qui concerne l'horizon de projection et le calcul de la valeur résiduelle des actifs :

- pour la plupart des projets, la durée d'exploitation des infrastructures prévue dépasse largement l'horizon auquel l'incertitude des modèles de prévision (en particulier d'évolution de la demande) est acceptable. La période d'évaluation (avec calcul explicite des coûts et bénéfices dans la formule de VAN SE) est donc nécessairement inférieure à la durée d'exploitation des projets. Elle doit être définie de manière normative, en approchant la durée d'exploitation autant que la robustesse des modèles utilisés le permet. Dès lors, le terme de valeur résiduelle VR (soit la valeur d'usage du projet au-delà de l'horizon de validité des modèles) devient essentiel pour ne pas défavoriser les projets à haute intensité capitalistique ;
- la revente d'un actif public en fin de période d'étude n'est en général pas une hypothèse réaliste et le terme de valeur résiduelle VR doit donc être évalué par une méthode indirecte qui consiste le plus souvent à retenir un flux de trésorerie fictif au-delà de la période d'étude.

---

<sup>3</sup> Définition du Plan comptable général.

### **Recommandations pour l'horizon de projection et le calcul de la valeur résiduelle**

1/ La période d'évaluation (sur laquelle les coûts et bénéfices sont explicitement évalués pour calculer le premier terme de la formule (1) de la VAN SE) d'un projet d'investissement public est fixée de manière normative pour chaque secteur. Elle doit approcher la durée d'exploitation des infrastructures étudiées tout en tenant compte de la robustesse des modèles de prévision utilisés. En l'absence de recommandations sectorielles plus spécifiques qui viendraient préciser cet aspect méthodologique, la période d'évaluation privilégiée D est de 50 ans (à compter de la mise en service) pour les projets de transports<sup>4</sup> et de 30 ans (à compter de la mise en service) dans les autres secteurs<sup>5</sup>.

2/ La valeur résiduelle VR est évaluée sur la base d'un flux de trésorerie fictif au-delà de la période d'étude. Par convention, on considérera qu'elle est égale à la somme actualisée, sur une période de même durée D (selon le secteur considéré) qu'au 1/, des bénéfices de la dernière année de la période de calcul retenue. La valeur résiduelle VR sera évidemment nette des dépenses régulières d'entretien et de renouvellement attendues sur l'horizon considéré ; celles-ci devront être explicitement intégrées si elles ne le sont pas déjà au *pro rata* dans les bénéfices de la dernière année.

**Exemple** – Pour évaluer un projet de construction de ligne à grande vitesse (LGV) dont la mise en service serait prévue en 2030, le premier terme de la VAN serait calculé à partir des investissements (avant 2030) ainsi que des coûts et bénéfices explicitement évalués sur la période d'exploitation 2030-2080. La valeur résiduelle de l'actif (LGV) en 2080 correspondrait donc à la somme actualisée des bénéfices socioéconomiques évalués cette année-là (nets des dépenses d'entretien et de renouvellement notamment) et supposés constants sur la période 2080-2130.

Le résultat d'une évaluation socioéconomique est très sensible à de nombreuses hypothèses de calcul. L'objet de ce complément opérationnel porte sur la valeur résiduelle et sur l'horizon de projection.

Le résultat principal d'une évaluation socioéconomique est la valeur actuelle nette (VAN SE) du projet étudié qui s'exprime de façon générale par :

$$VAN SE = \sum_{i=t_{début}-t_k}^{t_{fin}-t_k} \left( \frac{-J_{i+t_k} + B_{i+t_k} - C_{i+t_k}}{(1+r)^i} \right) + \frac{VR_{t_{fin}}}{(1+r)^{t_{fin}-t_k}} \quad (1)$$

<sup>4</sup> En cohérence, à date, avec la recommandation du rapport d'Émile Quinet (*L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, 2013).

<sup>5</sup> En cohérence notamment avec le rapport de février 2019 sur *L'évaluation socioéconomique des projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche*.

Dans la formule précédente on a fait l'hypothèse d'un taux d'actualisation constant sur la période. Si tel n'est pas le cas, il convient de remplacer  $(1 + r)^i$  par  $\prod_{k=t_i}^{t_{i+1}} (1 + r_k)$  où  $r_k$  est le taux d'actualisation sur la période  $[t_k; t_{k+1}]$ .

## 1. Choix de l'échéancier et de la méthode d'actualisation

Pour procéder à l'évaluation socio-économique d'un projet, il faut d'abord fixer la période temporelle  $[t_{début}; t_{fin}]$  à l'intérieur de laquelle le projet est susceptible d'entraîner des effets. Pour un investissement,  $t_{début}$  est la date de départ des dépenses d'investissements et  $t_{fin}$  est la date de fin d'exploitation des recettes et des dépenses associées.

Le choix de la date  $t_{début}$  résulte directement du choix de la date prévue de mise en service du projet et de la durée prévisionnelle des travaux de premier établissement. La date prévue de mise en service peut faire l'objet d'une recherche de date optimale permettant d'obtenir la VAN SE maximale (date optimale de réalisation).

Le choix de la date  $t_{fin}$  résulte directement de la durée d'exploitation envisagée et des éventuelles mesures à prendre à l'issue de cette durée d'exploitation (par exemple, les dépenses de remise en état du site ou les recettes tirées de la vente d'équipement ou de matières récupérables en fin d'exploitation). Pour le calcul de la VAN SE, ces mesures à prendre à l'issue de la durée d'exploitation retenue sont résumées par le terme  $VR_{t_{fin}}$ .

On a généralement  $VR_{t_{fin}} \leq \sum_{k=t_{début}}^{t_{fin}-t_k} J_{i+t_k}$  car les actifs immobilisés se déprécient au cours du temps. Il peut aussi arriver que  $VR_{t_{fin}} \leq 0$  dans le cas où il faut consentir des dépenses de remise en état du site dont le montant excède la valeur de revente éventuelle des matériels obsolètes à la date  $t_{fin}$ . L'influence de ce terme sur le résultat de la VAN SE dépend de sa valeur en monnaie constante, généralement connue de façon peu précise, du choix de la date  $t_{fin}$  et du taux d'actualisation retenu jusqu'à la date  $t_{fin}$ . Bien évidemment, plus le taux d'actualisation est élevé et plus la date  $t_{fin}$  est lointaine moins cette influence sera significative.

La durée d'exploitation peut être fixée de façon normative selon des critères techniques définis a priori, par exemple en considération de l'usure des équipements prévue par retour d'expérience sur des équipements comparables.

La durée d'exploitation peut également être fixée à partir d'une optimisation technico-économique tenant compte d'une prévision d'augmentation des coûts d'exploitation avec l'âge des équipements ou d'une prévision d'obsolescence technique résultant de la possibilité de substitution d'équipements plus efficaces que ceux installés initialement. Dans ce cas, il faut préciser les stratégies de l'investisseur (renouvellement ou pas, renouvellement à l'identique ou tenant compte d'évolutions techniques, commerciales ou contextuelles au cours du temps). En général, le choix des stratégies de l'investisseur dépend du scénario de référence défini au chapitre 2 du [Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics](#).

La durée d'exploitation peut enfin résulter de la perspective d'obsolescence de l'utilité du projet fondée par exemple sur la prévision d'une évolution des fonctions de demande, soit parce que le service rendu ne correspondra plus aux besoins au-delà d'une certaine date, soit parce que le contexte institutionnel ou réglementaire imposera le recours à d'autres méthodes de production du service (par exemple dans la recherche de la neutralité carbone après 2050).

Il faut ensuite fixer la date d'actualisation  $t_k$ , à laquelle sont ramenées les valeurs de tous les flux monétaires qui caractérisent le projet. Cette notion est particulièrement importante lorsqu'il s'agit de projets pour lesquels les périodes temporelles d'études sont différentes et qui ne peuvent être comparés que par référence à une date commune. La méthode d'actualisation (taux constant ou variable dans le temps, intégration des paramètres caractérisant les aléas propres au projet, etc.) doit être choisie conformément aux spécifications du complément opérationnel à venir.

## 2. Choix de l'horizon de projection

### 2.1. Cas d'un projet unique

Dans le cas des investissements publics, les hypothèses relatives aux coûts d'investissement et à la durée de réalisation des travaux ou la fréquence de leur renouvellement permettant de définir la séquence des coûts  $J_i$  doivent être soigneusement explicitées car l'évolution non maîtrisée de ces paramètres (aléas technique, arrêt temporaire ou étalement des travaux par exemple pour des raisons budgétaires) est de nature à induire une réduction significative de la valeur actualisée nette du projet.

Il faut aussi préciser les séquences des  $B_i$  et  $C_i$  décrivant les flux de valeurs monétarisées des effets du projet. Il s'agit des recettes et dépenses d'exploitation annuelles prévisibles mais aussi de la valorisation des effets externes positifs ou négatifs dont la liste doit être adaptée à la consistance du projet. Ces séquences découlent souvent de modèles de prévision des coûts d'exploitation, de la demande adressée au bien produit par le projet et des recettes qui en résultent. Les effets externes sont le plus souvent quantifiés par des modèles physiques (par exemple le bruit, la congestion ou la pollution pour un projet de transport) et valorisés à l'aide de valeurs de référence ou tutélaires tirées de guides d'évaluation sectoriels. En situation d'information parfaite concernant l'avenir, les séquences des  $B_i$  et  $C_i$  peuvent être connues avec précision, de même que la date  $t_{fin}$  de fin d'exploitation et les recettes et dépenses non courantes liées à cette date résumées par le terme  $VR_{t_{fin}}$ . Dans une telle situation, le calcul de la VAN SE par la formule (1) est possible et la question de l'introduction d'une valeur résiduelle dans le calcul ne se pose pas.

Cependant, pour la plupart des projets d'investissements publics, la durée de vie technique des infrastructures réalisées est bien plus longue que l'échéance à laquelle les

modèles de prévision précités deviennent trop incertains pour permettre une utilisation raisonnable de leurs résultats. Il peut alors sembler sage de ne calculer la VAN SE que sur la période de fiabilité des modèles de coûts et de recettes, et donc de définir une période normative de calcul de la VAN SE en fonction de la qualité des modèles de prévision des coûts et des recettes.

La date terminale normative  $t_{fin}^-$  ou l'horizon de projection que l'on utilise dans le calcul de la VAN SE résulte alors du choix de cette période normative. En l'absence d'hypothèses complémentaires sur ce qui peut se passer au-delà de la date  $t_{fin}^-$ , on est implicitement amené à supposer que la durée de vie technique de l'infrastructure est limitée à la période de validité des modèles de prévision des coûts et des recettes.

Cette hypothèse généralement prudente, au moins en l'absence de dépenses de remise en état des sites en fin d'exploitation, peut se révéler très défavorable aux projets à haute intensité capitalistique requérant la construction d'infrastructures à longue durée de vie. L'analyste peut alors chercher à introduire dans le calcul une valeur d'usage de l'infrastructure en fin de cette période de validité des modèles de coûts et de recettes afin de prendre en compte la possibilité d'utiliser cette infrastructure éventuellement dans des conditions adaptées au-delà de cette période.

Pour calculer la VAN, on effectue le calcul sur la période temporelle  $[t_{début}; \overline{t_{fin}}] \subset [t_{début}; t_{fin}]$  et  $VR_{t_{fin}^-}$  est alors la valeur résiduelle des actifs à la date terminale normative  $\overline{t_{fin}}$  c'est-à-dire la valeur que conserve l'investissement à la fin de la période normative de calcul de la VAN SE.

Cette dernière s'écrit alors :

$$VAN SE = \sum_{i=t_{début}-t_k}^{\overline{t_{fin}}-t_k} \left( \frac{-J_{i+t_k} + B_{i+t_k} - C_{i+t_k}}{(1+r)^i} \right) + \frac{VR_{\overline{t_{fin}}}}{(1+r)^{\overline{t_{fin}}-t_k}} \quad (2)$$

Dans le cas des investissements de transport, cela revient à préciser les hypothèses relatives aux prévisions de trafic 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'utilisateurs) 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 VAN SE sera forte. Mais il faut s'assurer de la pertinence des hypothèses de croissance, en vérifiant le réalisme des trafics attendus à long terme (par exemple la date à laquelle interviendra la saturation de l'infrastructure). Or, dans ce domaine, les incertitudes sont fortes, d'autant plus qu'à long terme la plupart des modèles ne prennent pas en compte de façon endogène les effets en retour du nouveau système de transport sur la localisation des ménages et des activités économiques.

## 2.2. Comparaison de projets avec durées d'exploitation différentes

Si on doit comparer les VAN SE de deux variantes avec des durées d'exploitation différentes  $D_1$  et  $D_2 > D_1$ , la période de calcul sur laquelle va être effectuée cette comparaison peut influencer sur le résultat. Si cette période de calcul est  $D_1$  et que les recettes de la variante 2 sont positives après  $D_1$ , la variante 2 est défavorisée.

D'une façon générale, la comparaison des différentes variantes doit être effectuée sur une période d'étude telle que la situation en fin de période soit identique pour toutes les variantes. À cet effet, la période retenue est souvent le plus petit commun multiple des durées d'exploitation des différentes variantes, en supposant un renouvellement des équipements de chaque variante – donc un flux monétaire négatif – à la fin de sa période d'exploitation. Il faut toutefois préciser si ce renouvellement est fait à l'identique ou en incorporant des évolutions techniques et commerciales, ce qui revient à définir pour chaque chaîne de renouvellement de chaque variante des scénarios détaillés.

Si on fait une hypothèse de répétition à l'identique  $L$  fois d'un investissement de durée d'exploitation  $D = t_{fin} - t_{début}$  actualisé au taux constant  $r$ , de valeur actualisée  $VAN SE_1$  à la date  $t_k$  donnée en (1), la VAN SE actualisée à la date  $t_k$  d'une telle chaîne s'écrit :

$$VAN SE_L = VAN SE_1 \cdot \left( \sum_{l=0}^{L-1} \frac{1}{(1+r)^{l \cdot D}} \right) = VAN SE_1 \cdot \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^{L \cdot D}}}{1 - \frac{1}{(1+r)^D}}$$

Pour les longues durées d'exploitation des investissements publics, l'hypothèse de répétition à l'identique apparaît toutefois particulièrement hasardeuse et si le taux d'actualisation appliqué est bas – de l'ordre de 4 % –, il est préférable de définir des scénarios plus réalistes d'évolution à long terme. Par ailleurs, si la valeur actualisée  $VAN SE_1$  contient un terme  $VR_{t_{fin}}$  correspondant à des mesures à prendre à l'issue de la durée d'exploitation retenue, il faut spécifier précisément si de telles mesures sont prises à la fin de chaque période d'exploitation (par exemple, revente d'équipements en fin de vie) ou seulement à la fin de la dernière étape (par exemple, dépenses de remise en état du site).

### Recommandation

*La période d'évaluation  $D$  d'un projet d'investissement public – sur laquelle les coûts et bénéfiques sont explicitement évalués pour calculer le premier terme de la formule (1) de la VAN SE – est fixée de manière normative pour chaque secteur. Elle doit approcher la durée d'exploitation des infrastructures étudiées tout en tenant compte de la robustesse des modèles de prévision utilisés. En l'absence de recommandations sectorielles plus spécifiques qui viendraient préciser cet aspect méthodologique, la période d'évaluation*

privilegiée est de 50 ans (à compter de la mise en service) pour les projets de transports<sup>6</sup> et de 30 ans (à compter de la mise en service) dans les autres secteurs<sup>7</sup>.

### 3. La notion de valeur résiduelle

Si on veut introduire une valeur résiduelle dans l'équation (2), en supposant qu'on sait calculer la valeur donnée par l'équation (1), la valeur résiduelle des actifs à la date terminale normative  $t_{fin}^-$  peut s'écrire :

$$VR_{t_{fin}^-} = \sum_{i=\overline{t_{fin}-t_k+1}}^{t_{fin}-t_k} \frac{-J_{i+t_k} + B_{i+t_k} - C_{i+t_k}}{(1+r)^{i-\overline{t_{fin}+t_k}}} + \frac{VR_{t_{fin}^-}}{(1+r)^{t_{fin}-\overline{t_{fin}}}} \quad (3)$$

Comme on ne sait pas toujours calculer la valeur donnée par l'équation (1), on peut être amené à chercher une approximation raisonnable de l'expression (3). Cette approximation dépend du contexte de l'étude et des données disponibles. La précision requise pour cet exercice dépend également des conditions d'actualisation des flux monétaires réels ou fictifs engendrés par le projet.

#### 3.1. La comptabilité utilise la notion de valeur résiduelle avec beaucoup de prudence

La valeur résiduelle est, en effet, une notion bien connue en comptabilité (voir IAS 16) mais son usage est délicat et est encadré par des dispositions du Plan comptable général (PCG). Dans le cadre de la production de leur information comptable et financière, les entreprises qui réalisent de lourds investissements corporels sont fréquemment appelées à s'interroger sur la durée d'amortissement de leurs immobilisations corporelles ainsi que sur leur montant amortissable. À cet égard, le PCG fournit à l'article 214-4 les précisions suivantes :

1. *Le montant amortissable d'un actif est sa valeur brute sous déduction de sa valeur résiduelle.*
2. *La valeur résiduelle est le montant, net des coûts de sortie attendus, qu'une entité obtiendrait de la cession de l'actif sur le marché à la fin de son utilisation.*
3. *La valeur résiduelle d'un actif n'est prise en compte pour la détermination du montant amortissable que lorsqu'elle est à la fois significative et mesurable.*

Pour appliquer ces dispositions, il faut définir correctement le sens à donner aux adjectifs significatif et mesurable. En comptabilité, c'est la doctrine de la Compagnie nationale des

---

<sup>6</sup> En cohérence, à date, avec la recommandation du rapport Émile Quinet (2013), *op. cit.*.

<sup>7</sup> En cohérence notamment avec le rapport de février 2019 sur [L'évaluation socioéconomique des projets immobiliers de l'enseignement supérieur et de la recherche](#).

commissaires aux comptes (CNCC) qui sert de guide d'utilisation. Ainsi « *il est présumé que la valeur résiduelle ne serait significative, et donc à retenir, que lorsque la perspective de détention par le propriétaire (ou le preneur dans un contrat de location financement) est plus courte que la durée de vie économique de l'immeuble* ». La notion de durée de vie économique est elle-même sujette à interprétation mais comme indiqué précédemment, la durée de vie économique peut être déterminée de façon normative selon des critères techniques a priori ou résulter d'une optimisation de la durée d'exploitation en fonction de stratégies de l'investisseur.

Pour des raisons de prudence, la démarche pratique mise en œuvre en comptabilité ne consiste pas à apprécier la valeur résiduelle de l'actif de manière prévisionnelle à l'issue de sa durée d'utilisation par le propriétaire, mais à l'apprécier à la date d'acquisition pour un actif similaire qui aurait déjà été utilisé pendant la même durée d'utilisation. Cette valeur peut être obtenue assez facilement lorsqu'il existe un marché de l'occasion pour le type d'équipement considéré. Lorsqu'un tel marché n'existe pas, la valeur peut être tirée d'un exercice d'amortissement linéaire ou progressif, ce qui fournit une valeur résiduelle à la date terminale  $t_{fin}$ , dès lors que la durée d'amortissement conduirait à une date postérieure.

On peut également observer que la note de présentation du règlement ANC n° 201555-06 du 23 novembre 2015 modifiant le plan comptable général énonce que « *la valeur résiduelle d'un actif n'est mesurable que s'il est possible de déterminer de manière fiable dès l'origine la valeur de marché à la revente du bien en fin de période d'utilisation : contrat de vente ferme, option de vente, catalogue de prix d'occasion...* ».

Il convient enfin d'observer que le § 51 de la norme IAS 16 prévoit que la révision de la valeur résiduelle doit intervenir périodiquement sur la durée d'utilité de l'immobilisation, au moins à chaque date de clôture annuelle, dans l'hypothèse où les nouvelles estimations diffèrent par rapport aux estimations précédentes.

Cet exercice de réévaluation annuelle n'a pas lieu dans le cadre de l'évaluation socioéconomique d'un projet public, ce qui doit conduire l'utilisation des valeurs résiduelles dans ce cadre à être entourée d'encore plus de précautions. Par exemple, comme la revente d'un actif public en fin de période d'étude n'est généralement pas une hypothèse réaliste, il faut déterminer la valeur résiduelle par une méthode indirecte qui revient le plus souvent à retenir un flux de trésorerie fictif correspondant à une valeur d'usage de l'actif au-delà de la période d'étude. La détermination d'une telle valeur d'usage repose sur des hypothèses qu'il est nécessaire d'explicitier.

### **3.2. L'intérêt d'introduire une valeur résiduelle dépend beaucoup des caractéristiques du projet**

Au lieu d'utiliser la VAN SE donnée par la formule (1), on peut caractériser un projet à l'aide d'un indicateur qui en dérive directement, l'indicateur de profitabilité IP-SE (aussi

appelé « *benefit/cost ratio* » ou BCR dans les pays anglo-saxons). On peut le définir par la formule :

$$IP\ SE = \frac{\sum_{i=t_{début}-t_k}^{t_{fin}-t_k} \left( \frac{B_{i+t_k} - C_{i+t_k}}{(1+r)^i} \right) + \frac{VR_{t_{fin}}}{(1+r)^{t_{fin}-t_k}}}{\sum_{i=t_{début}-t_k}^{t_{fin}-t_k} \frac{J_{i+t_k}}{(1+r)^i}} \quad (4)$$

Si IP SE est supérieur à 1, le projet est rentable, puisqu'il dégage un bénéfice brut actualisé supérieur au montant de l'investissement actualisé pendant la période étudiée et donc que sa VAN SE sur cette période est positive.

Le rapport

$$VR = \frac{\frac{VR_{t_{fin}}}{(1+r)^{t_{fin}-t_k}}}{\sum_{i=t_{début}-t_k}^{t_{fin}-t_k} \frac{J_{i+t_k}}{(1+r)^i}} \quad (5)$$

fournit une indication sur l'intérêt de prendre en compte  $VR_{t_{fin}}$  dans le calcul de la VAN SE ou de l'IP SE, en particulier au regard de l'incertitude sur la valeur de  $VR_{t_{fin}}$ . En effet, pour pouvoir utiliser la VAN SE d'un projet, il faut que les séquences de  $B_i$  et  $C_i$  soient connues avec une précision acceptable. Les projets qui prêtent à discussion ont un IP SE au voisinage de 1, et l'ordre de grandeur et le signe de  $VR$  indiquent si et dans quelle mesure le projet est renforcé ou affaibli par la prise en compte de  $VR_{t_{fin}}$  et de l'incertitude de sa valeur dans le calcul actualisé. Ainsi un projet stylisé dont l'investissement initial est réalisé sur une année et dont les actifs ont une valeur de 20 % de cet investissement à la fin d'exploitation économique voit son IP SE modifié à la hausse de la manière suivante :

| Taux d'actualisation | Durée d'exploitation |        |        |
|----------------------|----------------------|--------|--------|
|                      | 30 ans               | 50 ans | 70 ans |
| 3 %                  | 0,082                | 0,046  | 0,025  |
| 5 %                  | 0,046                | 0,015  | 0,006  |
| 7 %                  | 0,026                | 0,006  | 0,0016 |

Compte tenu de la précision des calculs d'IP SE, la prise en compte d'une telle  $VR_{t_{fin}}$  dans le calcul de la VAN SE ou de l'IP SE n'est susceptible d'avoir une influence significative que pour de courtes durées d'exploitation et de faibles taux d'actualisation.

Par ailleurs, lorsqu'on estime justifié d'introduire une telle  $VR_{t_{fin}}$  dans le calcul, compte tenu de l'imprécision inévitable dans la valeur résiduelle et de la dispersion des montants qui pourraient raisonnablement lui être attribués, toute VAN SE ou tout IP SE intégrant une valeur résiduelle devrait faire l'objet d'une analyse d'incertitude à partir de la dispersion de la valeur résiduelle.

NB : la limitation à la seule valeur résiduelle  $VR_{t_{fin}}$  de la prise en compte de l'incertitude sur les différents facteurs de la VAN SE est cohérente avec la définition de la période normative de calcul de la VAN SE en fonction de la qualité des modèles de prévision des coûts et des recettes comme indiqué au § 2.1.

Dans le cas des projets présentant une VAN SE proche de 0, l'analyse d'incertitude de cette VAN SE pourrait aussi utilement s'appuyer sur l'analyse d'incertitude de l'ensemble des facteurs qui permettent de calculer cette VAN SE. Il faudrait alors recourir à des méthodes plus élaborées de prise en compte du risque et l'incertitude. La même remarque s'applique aux projets dont l'indicateur IP SE est très proche de 1.

#### 4. Choix des scénarios déterminant la valeur résiduelle

Comme indiqué au § 2.1, en situation d'information parfaite concernant l'avenir, le calcul de la VAN SE peut reposer sur la formule (1) et ne nécessite pas l'introduction d'une valeur résiduelle à la fin de la période normative de calcul. C'est généralement la trop grande incertitude sur la prévision du montant des avantages nets du projet avant la date d'obsolescence des infrastructures qui conduit les analystes à chercher à introduire une valeur résiduelle à la fin de la période normative de calcul lorsque celle-ci ne s'étend pas jusqu'à la date d'obsolescence des infrastructures.

Comme indiqué au § 3.1, en dehors des cas où on peut appliquer une méthode de type comptable pour déterminer la valeur résiduelle d'un actif, on détermine cette dernière par une méthode indirecte qui revient le plus souvent à retenir un flux d'avantages nets fictifs correspondant à une valeur d'usage de l'actif au-delà de la période d'étude. Le flux d'avantages nets retenu doit être cohérent avec le scénario qui sous-tend l'évaluation socioéconomique que l'on cherche à réaliser. Il doit, en particulier, utiliser les prix fictifs (valeurs tutélaires) qui découlent de ce scénario. Le choix du scénario et donc des prix fictifs est, en principe, réalisé par des expertises transverses et n'est pas laissé à l'initiative d'un promoteur de projet sectoriel. Par exemple, si on s'intéresse à la réduction des émissions carbonées entraînée par un projet de report modal de flux de transport d'un mode carboné vers un mode décarboné, il faut préciser l'hypothèse de valeur tutélaire du carbone retenue au-delà de 2050. Si cette valeur est nulle à partir de 2050, ou si aucun mode de transport n'est supposé émettre de gaz à effet de serre à partir de cette date, l'avantage lié à la décarbonation du transport doit être compté pour nul à partir de cette date alors que pour un projet de transport engagé aujourd'hui, la période d'étude s'étendra largement au-delà. Si cette valeur est supposée non nulle à partir de 2050, l'avantage lié à la décarbonation du transport peut être non nul dans le calcul de la VAN SE au-delà de cette date, mais il faut vérifier à quel scénario d'ensemble correspondent toutes les valeurs tutélaires prises en compte dans le calcul. Même s'il est inévitable que l'évaluation socioéconomique pratiquement réalisée corresponde à une analyse en équilibre partiel, il faut à chaque fois vérifier que l'ensemble des dimensions prises en compte dans le calcul soit suffisamment large pour que l'équilibre partiel

obtenu en situation avec projet soit cohérent avec le scénario d'ensemble implicitement retenu sur la période durant laquelle est effectué le calcul.

## **Recommandation**

*La valeur résiduelle VR est évaluée sur la base d'un flux de trésorerie fictif au-delà de la période d'étude. En l'absence d'information suffisante, on considérera par convention qu'elle est égale à la somme actualisée, sur une période de même durée D (selon le secteur considéré), des bénéfices de la dernière année de la période de calcul retenue. Il faut s'assurer que cette convention reste cohérente avec les hypothèses du scénario de référence. La valeur résiduelle VR sera évidemment nette des dépenses régulières d'entretien et de renouvellement attendues sur l'horizon considéré. Celles-ci devront être explicitement intégrées si elles ne le sont pas déjà au pro rata dans les bénéfices de la dernière année.*

## Annexe

### Influence de la valeur résiduelle sur le TRI SE

On considère un projet dont la VAN SE peut être écrite sous la forme :

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

Où :

$J_N$  est l'investissement initial supposé réalisé à la date N

$B_i$  est le bénéfice de l'année i

$C_i$  est le coût de l'année i

$VR$  est la valeur résiduelle supposée

On utilisera dans la suite le paramètre  $\rho_{VR} = \frac{VR}{J_N}$  avec  $-\infty \leq \rho_{VR} \leq 1$ . On note  $BAN(r) = \sum_{i=N+1}^{N+D} \frac{B_i - C_i}{(1+r)^i}$  le bénéfice actualisé net. Le bénéfice moyen annuel est alors  $BMA(r) = \frac{r \cdot BAN(r)}{(1+r)^{N+D} - 1}$ . Il est facile de voir que  $BMA(0) = \frac{\sum_{i=N+1}^{N+D} B_i - C_i}{N+D}$  et que  $\lim_{r \rightarrow \infty} BMA(r) = 0$ .

On a généralement  $\sum_{i=N+1}^{N+D} B_i - C_i > J_N > 0$  sinon le projet est très probablement non rentable. Dans ce cas, on a  $BMA(0) > 0$ . On constate également que  $\forall i \in \{1, \dots, N+D\}, B_i - C_i > 0 \Rightarrow BMA(r) = \bar{B} - \bar{C}$ .

La VAN SE du projet est :

$$VAN SE(r) = \left( -J_N + \frac{BMA(r)}{r} \right) \cdot (1 - (1+r)^{-(N+D)}) + (VR - J_N) \cdot (1+r)^{-(N+D)}$$

Le TRI SE du projet est une solution de l'équation  $a = f(r, N+D, \rho_{VR})$  avec :

$$f(r, N+D, \rho_{VR}) = \frac{BMA(r)}{J_N \cdot \left( 1 + (1 - \rho_{VR}) \cdot \frac{1}{(1+r)^{N+D} - 1} \right)} = \frac{BMA(r)}{J_N} \cdot \frac{(1+r)^{N+D} - 1}{(1+r)^{N+D} - \rho_{VR}}$$

Par conséquent on a les deux propriétés :

- $\forall N+D > 1, \forall \rho_{VR}$  tel que  $-\infty \leq \rho_{VR} \leq 1, f(0, N+D, \rho_{VR}) = 0$

$$- \frac{\partial f}{\partial r}(0, N + D, \rho_{VR}) = \frac{BMA(0)}{J_N} \cdot \frac{N+D}{(1-\rho_{VR})} = \frac{\sum_{i=N+1}^{N+D} B_i - C_i}{J_N} \cdot \frac{1}{(1-\rho_R)}$$

On a généralement  $\frac{\partial f}{\partial r}(0, N + D, \rho_{VR}) > 1$ .

Le TRI SE est donc un point fixe de la fonction  $r \rightarrow f(r, N + D, \rho_{VR})$  dépendant des paramètres  $N+D$  et  $\rho_{VR}$ . Lorsque  $r$  est fixé, il est facile de voir que  $f(r, N + D, \rho_{VR})$  est une fonction croissante du paramètre  $N+D$ . C'est aussi une fonction croissante de  $\rho_{VR}$  pour tout  $r$  tel que  $BMA(r) > 0$ . Elle est décroissante en  $\rho_{VR}$  dans le cas contraire. Ce dernier cas peut être rencontré pour des projets dont les bénéfices nets de certaines années sont négatifs, ce qui peut entraîner l'existence d'intervalles de valeurs de  $r$  pour lesquels  $BMA(r) < 0$ .

Lorsque  $f$  est concave en  $r$  dans un voisinage suffisamment grand de  $r=0$ , le TRI SE, plus petit point fixe de  $f$ , a une forte probabilité de se trouver dans ce voisinage. Lorsque  $f$  cesse d'être concave pour des valeurs plus élevées de  $r$ , il peut y avoir d'autres solutions dans la zone de non concavité. Il faut donc examiner le comportement de  $f(r, N + D, \rho_{VR})$  au voisinage de  $r = 0$ .

Dans la suite on pose  $z = 1 + r$ . Il est facile de voir que :

$$\frac{\partial f}{\partial r}(r, N + D, \rho_{VR}) = \frac{BMA'(r)}{J_N} \cdot \frac{z^{N+D}-1}{z^{N+D}-\rho_{VR}} + \frac{BMA(r)}{J_N} \cdot \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot z^{N+D}}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^2}$$

et que

$$\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}(r, N + D, \rho_{VR}) = \frac{BMA''(r)}{J_N} \cdot \frac{z^{N+D}-1}{z^{N+D}-\rho_{VR}} + 2 \frac{BMA'(r)}{J_N} \cdot \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot z^{(N+D-1)}}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^2} - \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot BMA(r)}{J_N} \cdot \frac{z^{(N+D-2)} \cdot ((N+D+1)z^{N+D} + (N+D-1)\rho_{VR})}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^3}$$

### 1/ Bénéfices nets constants dans le temps

Lorsque  $\forall r, BMA(r) = \bar{B} - \bar{C}$ , on a  $\forall r, BMA'(r) = BMA''(r) = 0$  et la fonction  $f$  s'écrit simplement :  $f(r, N + D, \rho_{VR}) = \frac{\bar{B}-\bar{C}}{J_N} \cdot \frac{z^{N+D}-1}{z^{N+D}-\rho_{VR}}$ .

On en déduit que :

$$\frac{\partial f}{\partial r}(r, N + D, \rho_{VR}) = (1 - \rho_{VR}) \frac{\bar{B}-\bar{C}}{J_N} \cdot \frac{(N+D) \cdot z^{N+D-1}}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^2}$$

et

$$\frac{\partial^2 f}{\partial r^2}(r, N + D, \rho_{VR}) = -(N+D) \cdot (1 - \rho_{VR}) \cdot BMA(r) \cdot \frac{z^{(N+D-2)} \cdot ((N+D+1)z^{N+D} + (N+D-1)\rho_{VR})}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^3}$$

Il est facile de voir que cette fonction de  $r$  est nulle quand  $r = 0$ , est continue, dérivable, strictement croissante et concave pour tout  $r$  réel positif. De plus  $\lim_{r \rightarrow \infty} f(r) = \frac{\bar{B}-\bar{C}}{J_N}$ . La dérivée en  $r = 0$  de  $f$  par rapport à la variable  $r$  est  $\frac{(\bar{B}-\bar{C}) \cdot (N+D)}{J_N(1-\rho_{VR})} > 1$  si  $\rho_{VR} > 0$ . On en déduit que l'équation  $r_{N+D,0} = f(r_{N+D,0}, N+D, \rho_{VR})$  a une solution positive unique. Si  $\rho_{VR} > 0$ , alors, le TRI SE croît avec la valeur résiduelle. Il croît aussi avec  $N+D$ .

## 2/ Bénéfices nets variables dans le temps

Dans cette situation, le bénéfice annuel moyen  $BMA(r) = \frac{r \cdot BAN(r)}{(1+r)^{N+D}-1}$  n'est plus une fonction constante du taux d'actualisation. Supposons qu'on puisse l'approcher par une fonction affine au voisinage de  $r = 0$ . On pose  $BMA(r) = a + b \cdot r$  avec  $a = \frac{\sum_{i=N}^{N+D} B_i - C_i}{N+D} > 0$  et  $b \leq 0$ . Le cas  $b > 0$  est un cas atypique où le bénéfice moyen annuel serait croissant avec le taux d'actualisation. On a donc  $f(r, N+D, \rho_{VR}) = \frac{a+b \cdot r}{J_N} \cdot \frac{z^{N+D}-1}{z^{N+D}-\rho_{VR}}$  avec  $z = 1+r$ . Lorsque  $r$  est fixé dans l'intervalle  $\left[0; \frac{-b}{a}\right]$ , cette fonction est croissante en  $N+D$  et en  $\rho_{VR}$ . Pour cette fonction on a :

$$\forall r, BMA'(r) = b; BMA''(r) = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial r}(r, N+D, \rho_{VR}) = \frac{b}{J_N} \cdot \frac{z^{N+D}-1}{z^{N+D}-\rho_{VR}} + \frac{a+b \cdot r}{J_N} \cdot \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot z^{N+D}}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^2}$$

et

$$\frac{\partial f^2}{\partial a^2}(r, N+D, \rho_{VR}) = 2 \frac{B}{J_N} \cdot \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot z^{(N+D)-1}}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^2} - \frac{(N+D) \cdot (1-\rho_{VR}) \cdot (a+b \cdot r)}{J_N} \cdot \frac{z^{(N+D)-2} \cdot ((N+D+1)z^{N+D} + (N+D-1)\rho_{VR})}{(z^{N+D}-\rho_{VR})^3}$$

Lorsque  $r$  varie dans l'intervalle  $\left[0; \frac{-a}{b}\right]$ , la fonction  $r \rightarrow f(r, N+D, \rho_{VR})$  dépendant des paramètres  $N+D$  et  $\rho_{VR}$  est une fonction croissante et lorsque  $b \leq 0$  et  $a + b \cdot r > 0$ , elle est concave.