Monétarisation des effets et indicateurs socio-économiques

Version du 1er octobre 2014

1. Introduction

Le calcul socio-économique vise à représenter l'effet global d'un projet sur la collectivité, par l'agrégation des différents effets monétarisables de ce projet sur les différents agents constituant cette collectivité. Cette agrégation se fait au travers d'une somme pondérée des effets monétarisables sur les différents agents, le coefficient de pondération représentant la valeur relative des effets les uns par rapport aux autres. Cette valeur relative est exprimée en euros, d'où le terme de monétarisation généralement employé pour qualifier cette pondération. L'agrégation permet alors de représenter la valeur du projet pour l'ensemble de la collectivité en un indicateur unique, la valeur nette actualisée socio-économique (VAN-SE).

La VAN-SE recouvre essentiellement les composantes et effets suivants :

- coûts d'investissement, de grosses réparations, d'entretien et d'exploitation pour l'ensemble des acteurs concernés par le projet ;
- temps de parcours ;
- émissions de polluants sur la qualité de l'air ;
- émissions de gaz à effet de serre ;
- émissions sonores ;
- accidents corporels et matériels ;
- effet sur l'économie de la mobilisation, pour le projet, des finances publiques.

Lorsque les données sont disponibles, la VAN-SE intègre la valeur monétaire des gains de confort, des variations de fiabilité des temps de parcours et des effets amont-aval.

L'impact du projet sur la localisation des activités, qui peut se traduire par une modification des densités, peut en théorie générer des gains collectifs (économies d'agglomération). Si des méthodes éprouvées permettent de les quantifier et de les monétariser, ces gains peuvent être évalués en sus des effets ci-dessus.

Cette fiche présente en premier lieu les règles de calcul des indicateurs socio-économiques de synthèse (outre la VAN-SE : la valeur actualisée nette socio-économique par euro investi, la valeur actualisée nette socio-économique par euro public dépensé).

Cette fiche présente enfin les méthodes utilisables pour la monétarisation des effets ci-dessus. Elle porte, dans un premier temps, sur les composantes de la VAN-SE à prendre en compte systématiquement : temps, accidents, pollution de l'air, gaz à effet de serre, bruit.

Dans un second temps, elle aborde les composantes qui peuvent, de façon optionnelle, être également intégrées à la VAN-SE, selon des méthodes éprouvées : confort, fiabilité, effets amont-aval. Elle fournit également certains éclairages méthodologiques sur les effets économiques élargis, principalement les économies d'agglomération.

Cette fiche rappelle notamment, en lien avec la monétarisation du temps de parcours, la notion de surplus des usagers, qui recouvre, outre la valeur monétaire des temps de parcours, leurs dépenses monétaires de déplacements, et la valeur monétaire qu'ils attribuent au confort, à la qualité et à la fiabilité, et plus généralement à tout attribut qui joue sur leur choix de déplacement. La notion de surplus permet en particulier de faire le lien avec les fonctions d'utilité sous-jacentes aux modèles de déplacements, et qui peuvent, dans certains cas, être utilisées pour estimer les gains des usagers comprenant le temps, le confort, la fiabilité, la qualité…

En annexe, cette fiche présente le cadre général du calcul d'une VAN-SE, en présentant ses différentes composantes. Cette présentation technique vise en particulier à ce que les questions de doubles comptes entre composantes et/ou entre acteurs ainsi que l'articulation entre actualisation et risques, soient bien maîtrisées par l'évaluateur.

L'impact sur l'économie de la mobilisation, pour le projet, des finances publiques est traité dans la fiche : « *coût d'opportunité des fonds publics et prix fictif de rareté des fonds publics* ».

Le calcul de la date optimale de réalisation est traité dans une fiche spécifique « *date optimale de réalisation* ».

Les valeurs de référence utiles pour la monétarisation et leur règle d'évolution en projection sont présentées respectivement dans la fiche « *valeurs de référence prescrites pour le calcul socio-économique* » et dans la fiche « *valeurs recommandées pour le calcul socio-économique* ».

Cette fiche présente, notamment en annexe, les notions d'actualisation nécessaires au calcul des indicateurs socio-économiques. Cependant, l'application de ces notions doit se faire en combinant les éléments de la présente fiche et de celle relative aux risques et à l'actualisation, qui précise comment les méthodes d'actualisation peuvent intégrer le risque.

Enfin, il faut rappeler que les différents composants de la VAN-SE sont sensibles :

- à l'évolution de la demande (i.e. aux modifications des déplacements entre les options de projet et de référence), qui peut être obtenue via un modèle de trafic (cf. la fiche sur l'analyse de la demande) ;
- aux hypothèses prises pour le scénario de référence, qui influent sur la demande et modifient les valeurs de référence utilisées dans le calcul, la plupart de ces valeurs évoluant avec une élasticité proportionnelle au PIB ou au PIB par tête.

2. Calcul de la VAN-SE et des autres indicateurs socio-économique de synthèse

La valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) est la somme, sans doubles comptes, des variations (entre l'option de référence et l'option de projet) des effets monétarisés actualisés de toute nature induits par le projet, y compris les effets non marchands et les externalités pour lesquels on dispose d'une valeur monétaire dite « valeur de référence ».

Les différents composants de la VAN-SE (investissements, recettes, surplus des usagers, etc.) sont calculés à un horizon d'évaluation fixé, égal à l'année 2070.

Ces composants sont actualisés à une année T au choix, qui peut être l'année précédant la mise en service du projet. Toutefois, pour la comparaison d'options, de variantes ou de projets qui n'ont pas la même année de mise en service, ou lors du calcul de la date optimale de réalisation, les composants de la VAN-SE doivent être actualisés à la même année d'actualisation pour que les VAN-SE soient comparables. Dans ce cas, l'année d'actualisation peut être l'année 2014.

Le calcul de la VAN-SE est effectué en euros constants (autrement dit en euros d'une année donnée).

Au-delà de 2070, la VAN-SE tient compte de la valeur résiduelle de l'investissement actualisée à la même année T. Cette valeur résiduelle actualisée correspond à la somme actualisée, à l'année T d'actualisation, des avantages nets procurés par le projet à la collectivité, sur 70 ans, entre 2071 et 2140.

La valeur résiduelle est calculée :

- en stabilisant les valeurs de référence, sauf celle du carbone pour laquelle on retiendra une croissance annuelle de la valeur unitaire égale au taux d'actualisation ;
- en tenant compte des dépenses d'entretien et de renouvellement ou de grosses réparations qui devraient intervenir en cohérence avec la durée de vie technique des ouvrages.

Pour ces dépenses de renouvellement et de grosses réparations au-delà de 2070, si l'on ne calcule pas de chronique de dépenses spécifiques aux options de référence et de projet, on pourra utiliser les ratios de la fiche présentant les valeurs recommandées pour le calcul.

La VAN-SE s'écrit alors :

$$VAN - SE = -\Delta I^{*T} - \Delta E^{*T} + \Delta A^{*T} + VR^{*T}$$

Avec :

- T : année d'actualisation ;
- ΔI^{*T} : variation, entre l'option de projet et l'option de référence, des coûts d'investissements (hors taxes) jusqu'à 2070 et actualisés à l'année T, soit la somme actualisée, selon un échelonnement prévisible, des dépenses en matière d'études, d'acquisitions foncières et de travaux, y compris ceux de renouvellement et des éventuels aménagements complémentaires ultérieurs ;
- ΔE^{*T} : variation, entre l'option de projet et l'option de référence, des coûts d'entretien et d'exploitation jusqu'à 2070 et actualisés à l'année T, en tenant compte des coûts éludés ;
- ΔA^{*T} : variation des avantages, entre l'option de projet et l'option de référence, jusqu'à 2070 et actualisés à l'année T ;
- VR^{*T} : valeur résiduelle de l'investissement, actualisée à l'année T.

Dans le cas simple où l'actualisation se fait à taux constant et où les investissements sont concentrés sur une année, celle précédent la mise en service, la VAN-SE s'écrit plus précisément :

$$VAN - SE = -\frac{\Delta I_{t_0}}{(1+a)^{t_0 - T}} + \sum_{t=t_0+1}^{2070} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}} + \underbrace{\sum_{t=2071}^{2140} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}}}_{\text{Valeur résiduelle actualisée}}$$

Avec :
- T : année d'actualisation
- t_0 : année précédant la mise en service du projet ;
- a : taux d'actualisation ;
- $\Delta I_t, \Delta E_t, \Delta A_t$ représentent respectivement les variations à l'année t, entre l'option de projet et l'option de référence, des coûts d'investissements, des coûts d'entretiens et des avantages.

Lors du calcul de la VAN-SE, il convient d'être vigilant :

- à l'année d'actualisation ;
- au calendrier de réalisation (l'année de mise en service choisie)
- à l'année de référence adoptée pour exprimer les valeurs monétaires ;
- à la cohérence des taux de croissance utilisés dans le modèle de trafic, le calcul socio-économique et le calcul financier ;
- à la prise en compte des taxes et, afin d'éviter les doubles comptes, à la prise en compte des transferts entre acteurs, qui doivent s'annuler dans le bilan global[1].

Pour le calcul détaillé des différents termes de la VAN-SE, on se référera aux fiches outils correspondantes.

La VAN-SE est calculée avec un système d'actualisation intégrant le risque systémique du projet. Le risque systémique reflète la sensibilité de la VAN-SE au scenario d'évolution du PIB retenu sur la durée d'évaluation. La méthode de prise en compte du risque est présentée dans la fiche correspondante.

Encadré : présentation de la notion d'actualisation

L'actualisation est la méthode utilisée dans l'évaluation socio-économique (ou financière) pour ramener à une date unique des grandeurs monétaires ou monétarisées qui s'échelonnent dans le temps. Elle repose sur deux éléments essentiels : d'une part sur un échéancier des flux monétaires ou monétarisables, d'autre part sur le taux d'actualisation.

En théorie, ce taux d'actualisation (qui ne doit pas être confondu avec un taux d'inflation) traduit :
- la préférence pure des agents économiques pour le présent, c'est à dire une préférence pour un bien-être immédiat par rapport à un bien-être futur identique,
- l'effet richesse qui, via une anticipation de la croissance économique, conduit à accorder dans le futur moins de valeur à un gain actuel (l'utilité d'un gain étant décroissante avec la richesse de la société) ;
- l'effet précaution qui prend en compte l'incertitude sur la croissance future à travers une hypothèse sur l'aversion au risque.

Ces trois paramètres constituent ce que l'on appelle communément le « taux d'actualisation sans risque ».

En pratique, si X^{*T} est la valeur actualisée, à l'année T avec un taux d'actualisation a constant, d'une grandeur X_t de l'année t, alors :

$$X^{*T} = \frac{X_t}{(1+a)^{t-T}}$$

Par exemple, avec un taux d'actualisation égal à 4,5 %, une dépense ou une recette de 100 € consentie ou obtenue dans 1 an (respectivement dans 10 ans) équivaut à une dépense ou une recette d'environ 96 € aujourd'hui (respectivement 64 €).

Dans le cas où le taux d'actualisation n'est pas constant au fil du temps (il est néanmoins souvent considéré comme constant sur des périodes limitées), si X^{*T} est la valeur actualisée, à l'année T avec un taux d'actualisation a_i propre à l'année i, d'une grandeur X_t de l'année t (postérieure à l'année d'actualisation), alors :

$$X^{*T} = \frac{X_t}{\prod_{i=T+1}^{t}(1+a_i)}$$

[1] Par exemple, les coûts et recettes liés à la tarification s'annulent dans le bilan : c'est un coût pour l'usager mais une recette pour le gestionnaire d'infrastructure.

Autres indicateurs socio-économiques :

Valeur actualisée nette socio-économique par euro investi : rapport entre la VAN-SE et le montant actualisé de l'investissement (hors taxes). Cet indicateur vise à exprimer l'effet de levier de l'investissement sur l'économie.

Valeur actualisée nette par euro public dépensé : rapport entre la VAN-SE et le coût actualisé net pour les finances publiques du projet sur l'horizon d'évaluation considéré (tenant compte de l'ensemble des dépenses publiques, qu'elles soient d'investissement, d'exploitation ou de maintenance).

La VAN-SE doit rester le principal indicateur permettant d'éclairer les choix. Elle doit en toute rigueur être calculée pour l'année optimale de mise en service de l'infrastructure. Cette « date optimale de réalisation » est définie comme l'année de mise en service qui maximise la VAN-SE, et rend compte de ce que la rentabilité d'un projet pour la collectivité dépend de sa date de réalisation. Ainsi, dans certains cas, suivant l'évolution de la demande ou des coûts, il peut s'avérer opportun de reporter de quelques années la mise en service du projet pour en améliorer sa rentabilité (et sa VAN-SE). Le calcul de la date optimale de réalisation fait l'objet d'une fiche spécifique.

3. Monétarisation des composantes obligatoires de la VAN-SE

3.1. Surplus des usagers, temps de parcours

Compte-tenu des enjeux de l'évaluation des surplus des usagers liés aux temps de parcours, il est important de rappeler quelques notions, de telle sorte que les méthodes ou modèles d'analyse de la demande et de calcul des avantages des usagers, fussent-ils complexes et spécifiques au projet, restent cohérents avec les principes de base de l'analyse de surplus.

Encadré : rappel des notions de préférences des usagers, surplus, et coût généralisé

Pour évaluer l'impact d'un projet de transport sur les usagers, il faut en premier lieu disposer d'une représentation de leurs préférences. Les usagers organisent leurs déplacements sur la base d'un certain nombre de variables. Les deux plus importantes sont le prix et le temps de trajet, mais bien d'autres caractéristiques peuvent entrer en compte comme le confort, l'accessibilité, la fiabilité, la flexibilité, etc. C'est sur la base de ces variables que les usagers vont décider ce qu'ils font.

En économie, on modélise les préférences par des fonctions d'utilité. En transport, il est plus courant de modéliser ces préférences par des fonctions de coût généralisé, mais ces notions sont équivalentes, au signe près. Prenons l'exemple d'un usager ayant le choix, pour un déplacement et un mode donné, entre deux options, 1 et 2, de prix p_1 et p_2 et de temps de trajet t_1 et t_2. A chaque option, on peut associer un coût généralisé CG, exprimé en unité monétaire, tel que l'usager va préférer l'option 1 si $CG_1 < CG_2$, et réciproquement. Le coût généralisé, sous sa forme la plus simple, est composé de trois termes : une constante, qui représente un avantage ou un désavantage particulier lié à certaines options (elle peut par exemple représenter un certain niveau de confort), le prix, et le temps de trajet multiplié par un coefficient :

$$CG_i = c_i + p_i + \alpha\, t_i$$

Le coefficient α a un rôle important : il s'agit de la valeur du temps. C'est le montant maximal que l'usager est prêt à payer pour gagner une heure de temps de transport. Par conséquence, si le temps de transport d'un usager diminue d'une heure suite à un projet d'infrastructure, et qu'on demande à l'usager de payer α € de plus (via un péage par exemple, ou une augmentation du prix du transport), cet usager est indifférent au projet : sa situation n'est ni pire ni meilleure. Lorsque la fonction de coût généralisé comprend d'autres variables, d'autres coefficients y sont associés.

La notion de surplus propose une mesure du bénéfice que retire un usager d'un bien ou service qu'il consomme. Reprenons l'exemple de l'usager ci-dessus. En option de référence, il se déplace d'une certaine manière, pour un coût généralisé CG_{ref}. Sa seconde meilleure option (que ce soit un autre itinéraire, un autre mode, une autre destination, etc.) a un coût généralisé $CG_{réserve}$. La différence $CG_{réserve} – CG_{ref}$ est le surplus de l'usager : c'est ce qu'il serait prêt à payer en plus sans changer son déplacement, et on le considère donc comme une sorte de bénéfice.

Par extension, si le projet lui permet de bénéficier d'un gain d'une heure de temps de trajet, il bénéficie de quelque chose qu'il aurait lui-même accepté de payer α € ; on va donc valoriser à cette hauteur le bénéfice apporté par le projet à cet usager. De façon générale, si le projet fait passer le coût généralisé de l'usager de CG_{ref} à CG_{proj}, alors le surplus de l'usager varie de :

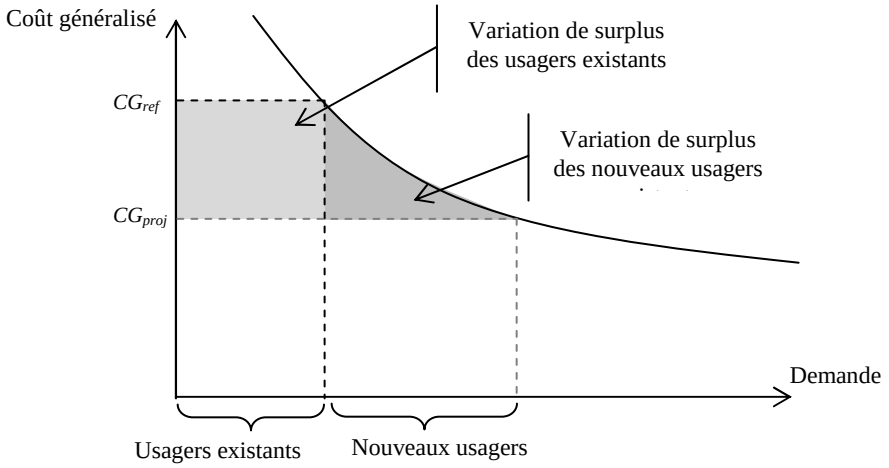
$$\Delta CS_{usager\ existant} = CG_{ref} – CG_{proj}.$$

La variation de surplus permet également de mesurer le bénéfice qu'apporte le projet aux nouveaux usagers (ou demande induite). Les nouveaux usagers sont les usagers qui ne sont pas présents dans l'option de référence (ils sont sur un autre itinéraire, ou un autre mode, ou un autre horaire, etc.) Pour chacun de ces usagers, il y a une autre option de coût généralisé $CG_{réserve} < CG_{ref}$. Par contre, le projet est suffisamment intéressant pour les attirer : $CG_{réserve} > CG_{proj}$. La variation de surplus de ces usagers est alors égale à :

$$\Delta CS_{nouvel\ usager} = CG_{réserve} – CG_{proj},$$

On voit qu'elle est inférieure à celle des usagers déjà présents. Dans la pratique, il faut bien faire attention au fait que les coûts généralisés CG_{ref}, $CG_{réserve}$ et CG_{proj} varient d'un usager à l'autre, en particulier, mais pas seulement, quand on utilise des modèles probabilistes type modèles de choix discret.

Si l'on classe les usagers par ordre décroissant de $CG_{réserve}$, on obtient une courbe de demande, à partir de laquelle il est possible de calculer la variation de surplus qu'engendre un projet de transport pour un segment de demande donné. Soit *D* cette courbe de demande. Le surplus des usagers en référence (respectivement en projet) est égal à l'aire comprise entre cette courbe et une droite horizontale au niveau du coût généralisé en référence (respectivement en projet). La variation de surplus qu'engendre le projet est donc égal à la différence de ces aires. Cette différence est représentée en gris dans la figure ci-dessous, avec distinction de la variation de surplus des usagers existants et de la variation de surplus des nouveaux usagers.



Il faut noter que les usagers bénéficiant d'un projet de transport sont susceptibles de réemployer les avantages qu'ils en retirent de diverses manières. Par exemple, un usager déjà présent peut réinvestir le temps de trajet qu'il économise en se déplaçant plus souvent ou plus loin. Cela n'enlève pas sa pertinence à la variation de surplus comme mesure du bénéfice qu'apporte le projet aux usagers des réseaux de transport.

Modalités de calcul

Le calcul de surplus des usagers utilise des valeurs de référence, qui fournissent une version simplifiée et approximative de la fonction d'utilité des usagers, qui se traduit sous forme de coût généralisé qui ajoute à la valorisation monétaire des temps de parcours, les coûts monétaires pour l'usager (CGSP, 2013)[2].

Ces valeurs de référence sont utilisées pour monétariser la variation des temps de parcours et éventuellement de la qualité de service des voyageurs et marchandises, sur l'horizon d'évaluation, entre l'option de référence et l'option de projet.

Cette monétarisation repose sur des valeurs du temps de référence :

- pour les voyageurs en transport urbain ou interurbain,
- pour les marchandises, concernant les chargeurs ou les transporteurs.

En théorie, les valeurs révélées par les choix d'itinéraires, de mode, de destination ou d'activité des usagers dans les modèles de transports, peuvent être utilisées pour la valorisation socio-économique des bénéfices retirés d'une amélioration des temps de trajet. La modélisation de la demande propre à chaque projet devrait ainsi révéler les valeurs du temps des usagers du projet.

En pratique, pour que les valeurs du temps puissent être utilisées dans des analyses coûts-avantages, des valeurs du temps « moyennes » observées sont souvent retenues. Les valeurs proposées sont issues d'une revue de la littérature, des modèles de trafic et des enquêtes de mobilité. Elles sont « génériques », mais visent néanmoins à être le plus en cohérence possible avec les valeurs révélées par les comportements des usagers. Leur utilisation pourra donc être complétée d'un test de sensibilité avec des valeurs du temps issues du calage du modèle (qui peuvent être différentes).

Quelques cas particuliers

En milieu interurbain, les valeurs du temps « voyageurs » pour le mode routier sont complétées par un malus d'inconfort qui traduit la pénibilité ressentie par les usagers en fonction du type de route empruntée.

Chaque minute de temps d'attente, de marche en pré/post acheminement et de correspondance des usagers est en général pondérée par un facteur de pénibilité (ou d'improductivité) supérieur à 1 (cf. fiche sur les valeurs recommandées).

Pour les usagers ayant changé de mode ou de destination entre l'option de référence et l'option de projet et pour ceux effectuant des déplacements nouveaux, le surplus du trafic induit ainsi défini peut être calculé, par convention simplificatrice, en retenant la moitié de la différence entre le coût généralisé de transport en option de référence et le coût généralisé en option de projet[3]. Il reste alors à bien choisir la valeur du temps pour calculer les variations monétaires liées au temps de transport :

- pour les usagers ayant changé de mode, si l'on sait les comptabiliser, on pourra alternativement prendre comme valeur du temps la valeur du temps de coupure issue du modèle de trafic ou la moyenne des valeurs du temps des modes de projet et de référence ;

[2] En complément à cette méthode de calcul de surplus « classique », il est possible, dans certains cas, de calculer le surplus à l'aide des fonctions d'utilité prises en compte dans les modèles de trafic.

[3] Cela consiste à faire une extrapolation linéaire entre les points de départ (l'option de référence) et d'arrivée (l'option de projet) de la courbe de demande.

- pour les usagers ayant changé de destination, on pourra prendre par défaut la valeur du temps correspondant à la distance moyenne de l'OD en option de projet ;
- pour les usagers induits, ceux qui ne se déplaçaient pas auparavant (ou pour les usagers ayant changé de mode si l'on ne sait pas les comptabiliser), on pourra prendre par défaut la valeur du temps correspondant à la distance moyenne de l'OD en option de projet.

Il convient, pour appliquer cette méthode au choix entre plusieurs modes, ou, au sein d'un mode, entre itinéraires de caractéristiques de qualité ou de confort différentes, de prendre en compte la totalité des composantes du surplus qui participent aux choix de mode des usagers. Ceci permet de s'assurer de la cohérence entre les fonctions d'utilité sous-jacentes aux modèles de choix de déplacements et les calculs socio-économiques.

On peut se référer, pour les raisonnements à appliquer, aux rappels des notions théoriques ci-dessus, ainsi qu'à l'annexe à la présente fiche et à la fiche relative à l'analyse de la demande de transports.

3.2. Accidents corporels et matériels

La monétarisation des effets sur la sécurité vise à traduire, dans le calcul socio-économique, l'effort que la collectivité est prête à consentir pour réduire un risque de décès sur les infrastructures de transport, ou pour réduire le nombre de blessés. Cette monétarisation repose sur :

- les variations, entre les options de référence et de projet, du nombre d'accidents et de victimes sur l'ensemble du réseau de transport de l'aire d'étude (cf. fiche «valeurs recommandées » pour la quantification de ces paramètres),
- la valeur de la vie statistique[4] (VVS) et des autres valeurs de référence liées aux atteintes corporelles qui en découlent ; ces valeurs sont indifférenciées, en ce sens qu'elles ne dépendent ni des caractéristiques socioprofessionnelles des victimes, ni des modes de transport concernés,
- le coût des dégâts matériels des accidents corporels et non corporels.

Encadré : détermination de la VVS par la commission Quinet (CGSP, 2013)

La détermination de la VVS par la commission Quinet s'appuie une compilation de la littérature académique internationale et des études comportementales sur le sujet, publié par l'OCDE (cf. La valorisation du risque de mortalité dans les politiques de l'environnement, de la santé et des transports, OCDE, 2012). Les recommandations de l'OCDE ont ensuite été adaptées au cas français. La VVS en résultant, sensiblement plus élevée que celle utilisée auparavant, apparaît conforme aux décisions prises au niveau politique (comme celles relatives à la sécurité routière) et aux préoccupations de l'opinion publique.

Concernant une éventuelle différenciation de la VVS suivant les caractéristiques des victimes (âge, revenus, etc.), la littérature académique reste controversée. Dans tous les cas, cette différenciation n'apparaît pas opportune car sauver une vie statistique (ou réduire le risque de décès) doit mobiliser la même somme d'argent quelle que soit la personne en jeu (et quel que soit le mode de transport considéré)[5].

Les valeurs de référence à retenir pour les blessés sont conformes aux études européennes et françaises existantes. Toutefois, il est possible que ces valeurs sous-estiment le coût collectif de certaines situations.

[4] Afin d'éviter toute ambiguïté, ce terme doit être préféré à « valeur de la vie humaine » ou « valeur du mort ».
[5] Pour rappel, l'instruction de 2005 recommandait une distinction VP/TC. Celle-ci n'a plus lieu d'être.

Lorsque, pour des raisons d'image, un degré supérieur de sécurité est estimé nécessaire, il est possible, pour optimiser et rationaliser la programmation des actions destinées à améliorer la sécurité, de calculer la valeur implicite de la vie humaine afférente à chacune de ces actions, ne serait-ce que pour s'assurer que les valeurs ainsi obtenues sont bien du même ordre de grandeur ; si elles s'en écartent, il conviendra de fournir les écarts de valeurs résultant du calcul.

3.3. Emissions de polluants atmosphériques

Les effets de la pollution atmosphérique sont multiples et comprennent :

- les effets sanitaires (pathologies respiratoires, augmentation de la mortalité, etc.),
- les effets environnementaux (eutrophisation ou acidification des milieux, etc.),
- les effets sur les bâtiments (dégradations des façades).

La commission Quinet a proposé, en 2013, des valeurs de référence tenant compte des effets sanitaires et environnementaux liés aux émissions, dues à la circulation des véhicules, de particules en suspension ($PM_{2,5}$) et de polluants gazeux, en général les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2) et les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM)[6]. Ces valeurs dépendent du mode de transport considéré, et du type de véhicule.

La monétarisation des effets de la pollution atmosphérique repose sur l'utilisation de ces valeurs de référence et sur les variations de trafic de l'aire d'étude, entre les options de référence et de projet.

Le coût des effets sanitaires des polluants locaux est à moduler en fonction de la population impactée. Idéalement, une fois connu les émissions de polluants de chaque type de véhicule, l'utilisation d'un modèle de dispersion permettrait d'évaluer les concentrations de polluants en fonction des conditions météorologiques, des réactions chimiques et de la topographie, afin d'en déduire la population exposée. À défaut d'un tel modèle, le coût des effets sanitaires peut être modulé en fonction de la densité de population située à proximité de l'infrastructure, via l'introduction d'un facteur multiplicatif[7] (CGSP, 2013). Cette modulation conduit à retenir des valeurs de référence différentes pour internaliser la pollution, qui dépendent du type de zone concernée (de l'interurbain au milieu urbain très dense). Une zone est définie par sa densité.

Le passage des émissions de polluants à l'exposition des populations est un point essentiel de l'approche. La définition d'une typologie de zones différentes basées sur leur densité respective est une simplification à visée opérationnelle mais qui peut s'avérer inadaptée au traitement de certaines situations (vallées encaissées par exemple). L'utilisation de modèles de dispersion est susceptible d'améliorer le calcul des coûts marginaux dans ces cas, mais ces modèles ont également leurs propres limites (Sétra, 2010).

Des spécificités par mode existent :

- pour le mode routier, des valeurs moyennes VP et VUL sont calculées sur la base d'une décomposition du parc entre véhicules diesel et essence (cf. CGSP, 2013 qui présente également des valeurs par normes Euro) ;
- pour le mode ferroviaire, les effets des particules émises par l'abrasion mécanique des rails, roues, caténaires et freins des trains électriques et diesel ne sont pas pris en compte ; les valeurs de référence proposées ne sont pas adaptées aux cas des tramways et métros ;

[6] Les effets amont-aval et les émissions de gaz à effet de serre sont abordées dans la suite de ce document.
[7] Ce facteur multiplicatif est déduit des écarts de densité moyenne entre zones.

- pour le mode aérien, les valeurs de référence tiennent compte des émissions de NOx uniquement ; elles s'utilisent en calculant d'une part le coût des émissions de NO_x par mouvement (un mouvement étant un décollage ou un atterrissage), d'autre part, le coût des émissions moyennes de NO_x au cours d'un vol moyen (entre 500 et 1 000 km) en France et en Europe (un vol correspond à un décollage, une phase croisière et un atterrissage).

Pour chaque polluant et type de véhicule, le facteur d'émission est calculé à partir des émissions du parc roulant de 2010 combiné en théorie avec des hypothèses d'évolution (cf. fiche relative aux valeurs recommandées). Pour les émissions de NO_x et de $PM_{2,5}$, ce facteur d'émission est modulé par un coefficient multiplicatif tenant compte de la vitesse de circulation et dépendant du type de zone concernée par l'infrastructure (urbain très dense, urbain dense, etc.).

L'évaluateur a la possibilité de calculer des valeurs adaptées à son projet, sous réserve de justifications et en adaptant la méthode préconisée par la commission Quinet (cf. CGSP, 2013).

3.4. Nuisances sonores

La monétarisation des nuisances sonores concerne les effets de ces nuisances en termes de gêne et d'effets sanitaires. Elle repose :

- en priorité sur l'utilisation de valeurs de référence en euros par personne exposée et par an, dans le cas où l'on dispose de cartes d'exposition prévisionnelle au bruit ;
- à défaut sur l'utilisation de valeurs de référence exprimées en €/v.km.

Le bruit a des effets sanitaires à la fois physiologiques et psychologiques sur les populations exposées, notamment :

- des effets extra-auditifs : on peut citer l'altération du sommeil pouvant entraîner des répercussions importantes sur le long terme (fatigue chronique excessive, baisse de la vigilance diurne, anxiété…), et des effets sur la santé mentale (stress, comportements agressifs). C'est de loin le principal effet sanitaire engendré par un projet de transport ;
- éventuellement, des effets sur le système cardio-vasculaire (hypertension, risque accru d'arrêts cardiaques), sur le système endocrinien (sécrétion d'hormones liées au stress) et sur le système immunitaire (capacités de défenses réduites).

Aux effets sanitaires s'ajoutent les effets qualifiés de subjectifs, au premier rang desquels figure la gêne. Chaque individu a une réponse différente à l'exposition au bruit, qui varie en fonction de ses prédispositions physiologiques et psychologiques.

Dans le cas où des cartes d'exposition prévisionnelle au bruit des populations existent dans les situations « avec » et « sans » le projet, sur l'horizon d'évaluation, les valeurs de référence, en € par personne exposée par an, recommandées par le rapport du CGSP (2013) doivent être appliquées selon les niveaux de bruit mesurés avec l'indicateur de mesure du bruit L_{DEN}. C'est un indicateur du niveau de bruit moyen s'exprimant en dB(A) et dont l'usage est recommandé par la Commission européenne.

Ces valeurs de référence par personne exposée et par an ont été calculées pour la France à partir :

- des travaux du projet HEATCO (2006) pour la monétarisation de la gêne ;
- du rapport *Good Practice Guide on Noise Exposure and Potential Health Effects* de l'Agence européenne de l'environnement (EEA, 2010) pour les fonctions exposition-réponse décrivant l'évolution de la morbidité de différentes pathologies associées à l'exposition au bruit rassemblées ;
- du projet HEATCO (2006) pour les coûts d'hospitalisation ;
- du rapport du CGSP présidé par E. Quinet en 2013 pour la valeur de la vie humaine utilisée pour monétariser les effets sur la santé des nuisances sonores.

Elles résultent de la sommation des coûts de la gêne et des effets sur la santé et sont différenciées par mode, le mode ferroviaire bénéficiant d'un bonus de 5 dB(A) par rapport au mode routier, le mode aérien étant pénalisé d'un facteur 1,5.

En l'absence de cartes d'exposition prévisionnelle au bruit des populations pour les options de référence et de projet, dans le cas où seules des données de trafic sont disponibles, l'évaluateur pourra utiliser des valeurs de référence exprimées en €/v.km (déterminées en cohérence avec les valeurs en euros/personne exposée/an). Ces valeurs regroupent des coûts moyens et marginaux[8], calculés à partir de cartes de bruit stratégiques.

Les coûts marginaux s'appliquent aux variations de trafic (entre les options de référence et de projet). Ils sont à utiliser lorsque les infrastructures en cause subissent de faibles variations de trafic ; ce sera le cas en particulier lorsque l'infrastructure d'un mode est déchargée d'une portion faible (< 20%) de son trafic par la création d'une infrastructure concurrente, du même mode ou d'un autre mode. En revanche, lorsqu'il s'agit d'une infrastructure entièrement nouvelle, le paramètre à considérer est le coût moyen. Pour les cas intermédiaires il conviendra de réaliser un test de sensibilité quand les externalités de nuisance sonore du projet sont non négligeables (comparaison entre application du coût marginal et application du coût moyen).

Les classes de densités des zones traversées par l'infrastructure sont les mêmes que celles utilisées pour la monétarisation de la pollution atmosphérique.

Des spécificités par mode existent. Ainsi, pour le mode ferroviaire, si les taux d'occupation (ou de charge pour le fret) diffèrent notablement des moyennes nationales, il est préférable de prendre les valeurs par train.km plutôt que passagers.km ou tonnes.km.

A noter que les coûts des mesures d'évitement ou de réduction des externalités environnementales sont intégrés dans le coût du projet, en investissement notamment. Pour éviter les doubles comptes, seule la valeur monétarisée des externalités résiduelles est à considérer. Or, les valeurs en €/veh.km indiquées correspondent à des situations moyennes d'exposition, ne comportant pas de dispositions spéciales de protection contre le bruit ; elles constituent donc une mesure brute, avant adaptation des dispositions techniques du projet. Si elles aboutissent à des coûts du bruit élevés, il conviendra de rechercher les dispositions techniques permettant de les réduire, et ce sont les niveaux de bruit après mesures correctrices qu'il convient d'intégrer dans l'évaluation socio-économique, ainsi d'ailleurs que les coûts que nécessite leur mise en œuvre.

[8] Il n'existe pas encore de règle robuste et validée qui permettrait de prendre correctement en compte pour les nuisances sonores un coût intermédiaire entre coût moyen et coût marginal, ce qui serait plus réaliste

3.5. Emissions de gaz à effet de serre

L'internalisation du coût lié à l'effet de serre d'une option de projet par rapport à une option de référence est basée sur la valeur de référence attribuée à une tonne de carbone émise et les variations d'émissions entre les options de référence et de projet. Cette valeur peut être appliquée aux seules émissions de carbone ou à tous les GES émis par le secteur des transports via une conversion en équivalent CO_2.

D'un point de vue économique, la valeur de la tonne de CO_2 doit être unique afin d'être efficace, quelle que soit la méthode de valorisation retenue :

- les dommages résultant de l'émission d'une tonne de CO_2 sont les mêmes quels que soient le lieu et le secteur d'émission (transport, industrie…) ;
- si deux agents économiques ont des coûts d'abattement des émissions de GES différents alors il est souhaitable que l'agent ayant le coût le plus élevé transfère son effort de réduction vers celui ayant le coût le moins élevé, assurant un effort global de réduction inchangé pour un coût d'abattement minimum. Ce coût minimum est la valeur implicite donnée au CO_2.

Les éléments permettant de calculer la consommation des différents véhicules sont précisés dans la fiche présentant les valeurs recommandées pour le calcul socio-économique.

L'approche retenue pour monétariser la tonne de CO_2 est de type coûts/efficacité. Le respect des engagements européens de réduction (20 % de réduction à horizon 2020 et entre 60 et 80 % à horizon 2050) a été défini comme l'objectif à atteindre.

4. Monétarisation des composantes optionnelles de la VAN-SE

4.1. Confort et fiabilité des temps de parcours

En théorie, les attributs de confort et de qualité de service comportent plusieurs dimensions : confort matériel, place disponible, services et informations disponibles pendant le trajet, sentiment de sécurité. Dans le même ordre d'idées, le temps passé en situation de congestion est plus « désagréable » que celui passé en situation fluide : surcharge attentionnelle, stress. De même, le temps ressenti dans de longs trajets peut présenter une valeur supérieure, illustrant les phénomènes de fatigue et de lassitude.

En pratique, lorsque les données sont disponibles, la VAN-SE peut intégrer la variation de surplus des usagers due aux gains de confort (en transport collectif[9]) et/ou aux variations de fiabilité du transport selon les méthodes exposées ci-après.

Si, sur une origine-destination-horaire (ODH), le projet envisagé impacte le niveau moyen de confort ou de fiabilité d'un ou plusieurs modes de transport :

- le porteur de projet doit tout d'abord disposer d'une méthode et d'un outil fiables et validés pour prévoir l'impact du projet sur le niveau moyen de confort ou de fiabilité du mode étudié (ex. : passage de 4 à 2 personnes par m^2 dans un métro, passage de 20 % de trains en retard sur une ODH à 15 %) ;
- sur la base du trafic prévu par le modèle, les temps de parcours peuvent être bonussés/malussés pour prendre en compte le confort et/ou la fiabilité[10].

[9] Les gains de confort en transport routier interurbain sont monétarisés de manière « classique » via l'utilisation d'un malus d'inconfort.

[10] En effet, en pratique, on ne monétarise généralement pas directement les gains de confort ou de fiabilité. On utilise plutôt des coefficients multiplicatifs qui permettent de ramener les différents temps à une unité commune : une minute de temps passé debout sera équivalente à un certain nombre de minute de temps passé assis, en

Les méthodes concernant les transports collectifs ont été proposées pour valoriser le confort et la fiabilité en milieu urbain. Elles nécessitent des modèles pertinents, aptes à représenter les niveaux de confort et de fiabilité, et leurs variations en présence du projet.

Valorisation du confort en transport collectif

Pour un individu donné, le coût du temps de transport diminue avec l'augmentation du confort du mode emprunté et il devient possible de pondérer les caractéristiques du voyage en « équivalent temps de parcours ». En pratique, le confort en transport collectif s'entend comme un faible taux de charge des véhicules et se valorise sur la base du nombre de passagers debout par mètre carré dans les transports en commun.

Les données de pondération du temps de parcours selon l'occupation des véhicules de transports en commun sont fournies dans la fiche « *valeurs recommandées pour le calcul socio-économique* ».

Valorisation de la fiabilité du transport

La fiabilité du transport peut être valorisée en milieux interurbain et urbain, dans le cas du transport en véhicule particulier et dans le cas des transports collectifs. Dans les deux cas, les méthodes développées visent à traiter des événements à caractère non prévisible. Elle s'entend comme la fiabilité accompagnant l'heure d'arrivée des déplacements, qu'il s'agisse d'arriver en avance ou en retard, lorsque le décalage du temps des parcours a un caractère non prévisible.

Fiabilité du transport par véhicules particuliers

Dans le cas du transport en véhicule particulier, la fiabilité s'entend sur la régularité du temps de parcours, qu'il s'agisse d'arriver en avance ou en retard, l'usager étant capable de choisir l'horaire de départ qu'il souhaite.

Les paramètres de valorisation de la fiabilité pour le transport de véhicules particuliers sont fournis dans la fiche « valeurs recommandées ».

Cette valorisation suppose au préalable de disposer d'une méthode et d'un outil fiables et scientifiquement validés pour estimer la distribution des temps de trajet et la façon dont le projet va la faire varier.

Fiabilité du transport collectif

Dans le cas des transports collectifs, la fiabilité s'entend comme l'écart à l'horaire prévu d'arrivée. Les paramètres de valorisation des retards pour les transports collectifs urbains et interurbains sont fournis dans la fiche « valeurs recommandées ».

---

transport en commun urbain. On reflète ainsi le fait que les usagers préfèrent voyager un peu plus longtemps si cela leur donne l'opportunité de voyager dans des conditions plus agréables.

4.2. Effets amont-aval

La monétarisation des effets amont-aval vise à valoriser, dans le calcul socio-économique, une partie des externalités en amont de l'usage de l'infrastructure, du système de transport ou de la circulation des véhicules, celle pour laquelle la connaissance scientifique est la plus avancée[11].

Il existe en effet trois grandes catégories d'externalités en amont (ou en aval) de l'usage de l'infrastructure :
– Les externalités liées à la production d'énergie (carburant, électricité) et à sa distribution (« du puits au réservoir ») : activités d'extraction ou de transport de la matière première, transport du produit fini, etc. ;
– Les externalités liées à la production de véhicules, leur maintenance et retrait ;
– Les externalités liées à la construction, la maintenance et la fin de vie de l'infrastructure.

Les valeurs recommandées tiennent compte des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre lors de la production d'énergie et sa distribution. Elles sont adaptées au mix énergétique français.

En théorie, les risques environnementaux et sanitaires de la production et de la distribution d'énergie (risques liés à l'énergie nucléaire, risques de déversements accidentels d'hydrocarbures lors de leur extraction ou de leur transport, etc.) devraient être pris en compte parmi les externalités amont. Cependant, ces effets sont encore trop peu documentés pour être intégrés de façon robuste dans le coût des externalités amont.

Le CO_2 émis lors de la construction d'une infrastructure de transport peut représenter un effet important : même pour des projets économisant globalement du CO_2 en raison de leurs moindres émissions unitaires (exemple : lignes à grande vitesse), ces émissions lors de la construction peuvent représenter plusieurs dizaines de % des émissions de CO_2 économisées en phase d'exploitation, voire nettement plus dans certains cas, surtout quand les trafics reportés sur le ferroviaire ne sont pas très importants.

4.3. Effets économiques élargis

Les effets économiques élargis recouvrent ici :

- l'effet des investissements sur le degré de concurrence des marchés : certains investissements – de transport en particulier − peuvent avoir pour conséquence de réduire les pouvoirs de marché et d'intensifier la concurrence, au bénéfice des consommateurs,
- les externalités positives, telles les externalités d'agglomération, qui peuvent conduire à une plus grande efficacité du système productif.

A titre exploratoire, la commission Quinet a proposé des méthodes permettant d'enrichir l'analyse monétarisée traditionnelle afin de prendre en compte certains effets économiques élargis cités ci-dessus, notamment l'effet sur le degré de concurrence des marchés et les externalités d'agglomération dans le cas d'un projet de transport urbain (CGSP, 2013).

Ces méthodes, les modèles et les données qu'elles sollicitent, recèlent encore certaines difficultés d'application, et il convient en particulier d'éviter les double-comptes pour assurer la cohérence d'ensemble de l'évaluation socio-économique. Si le choix est fait de développer une approche quantitative sur ces effets, les résultats sont à présenter séparément du calcul

[11] Le manque de connaissances scientifiques ne permet pas, à l'heure actuelle, de valoriser les effets aval ainsi que certains effets amont.

de la VAN-SE n'intégrant pas ces effets et prenant en compte uniquement les effets sur l'usager, l'environnement et les producteurs de services de transport.

En matière de concurrence imparfaite au sein du secteur des transports, une approche qualitative peut être utilisée pour les projets les plus importants : il s'agit alors d'analyser les possibles réactions stratégiques des acteurs en termes de configuration de l'offre (segmentation, fréquence, qualité de service, prix, formules tarifaires et yield management). Ces analyses peuvent être utilisées pour apprécier la cohérence des hypothèses d'entrée des modèles de trafic, recaler le cas échéant ces hypothèses sur des bases plus réalistes, et également préparer des tests de sensibilité.

En matière d'effets sur la concurrence en aval du secteur des transports, il est possible de retenir une approche sommaire sous forme de tests de sensibilité avec un coefficient 1,1 appliqué aux variations des coûts généralisés liés aux activités de production (trajets professionnels, transport de marchandises).

Si l'on souhaite prendre en compte les externalités d'agglomération, un préalable consiste à évaluer de façon suffisamment fiable les mouvements de population et d'emplois liés à la réalisation des investissements, à la fois pour les mouvements internes aux agglomérations dans le cas des projets urbains, et pour les mouvements inter agglomérations. Pour cela, il est possible d'utiliser les études statistiques ex-post et des modélisations de type LUTI, lorsque celles-ci peuvent être réalisées. Pour les projets urbains, il est alors possible d'ajouter au surplus des usagers traditionnels les effets des externalités d'agglomération via la méthode ci-après.

Encadré : externalités d'agglomération – éléments de méthode

On évalue d'abord les effets à population/emploi fixés (valeurs du scénario de référence établi pour le projet sur la durée d'évaluation) dans l'agglomération. Il faut en premier lieu estimer les modifications de densité des différentes zones par secteurs (industrie et services). Cela pourrait se faire en comparant les résultats d'au moins deux modèles LUTI. Par ailleurs, une évaluation qualitative des mouvements de population et d'emplois consécutifs à la réalisation de l'investissement pourra être faite à partir des indications contenues dans le tome 2 du rapport Quinet ; l'ensemble de l'étude et ses résultats devraient avoir été audités par un comité d'experts internationaux indépendants.

Si les résultats obtenus sont cohérents, on pourra alors appliquer à ces variations de densité une élasticité. Une valeur de 2 % hors effet de sélection, et 2,4 % dans le cas usuel où l'effet de sélection a déjà opéré (cas des grandes agglomérations), peut être considérée comme une moyenne prudente et raisonnable pour la France, en attendant que des travaux ultérieurs viennent préciser et probablement diversifier ce chiffre. Si l'on tient compte des avantages supplémentaires de ces phénomènes dans le calcul de la VAN, il faudrait alors tenir compte aussi des modifications des coûts urbains qui en résultent, notamment ceux liés aux relocalisations physiques des entreprises et des individus, et, par ailleurs, analyser le différentiel entre les résultats (trafics, surplus détaillés, VAN, etc.) de l'évaluation selon que celle-ci tient compte ou non des résultats LUTI. À ce titre, il sera nécessaire de mieux préciser le lien entre densification et coûts d'investissement et de fonctionnement des équipements collectifs.

Ces méthodes doivent être utilisées avec prudence, en s'assurant que les modèles et données permettant d'estimer les mouvements de population et d'emploi sont fiables et éprouvés.

Références

Commissariat Général à la stratégie et à la prospective (CGSP), 2013, *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, Rapport de la mission présidée par Émile Quinet, tome 1, Paris, 349 p. et tome 2.

Commissariat Général du Plan, 2001, *Transports : Choix des investissements et coûts des nuisances*, Rapport dit « Boiteux 2 » du groupe d'experts présidé par Marcel Boiteux, 323 p.

Sétra, 2010, *Monétarisation des externalités environnementales*, Rapport d'études.

Centre d'Analyse Stratégique (CAS), 2008. *La valeur tutélaire du carbone*. Rapport de la commission présidée par Alain Quinet., juin 2008, 110 p.

MEDDE, Information CO2 des prestations de transport, Application de l'article L. 1431-3 du code des transports, Guide méthodologique

Annexe : présentation schématique du bilan coût-avantages et notions liées à l'actualisation

Introduction

Le calcul socio-économique vise à représenter l'effet global d'un projet sur la collectivité, par l'agrégation des différents effets monétarisables de ce projet sur les différents agents. Ces différents effets peuvent être les dépenses consenties, les temps de parcours, la qualité de service, les effets environnementaux ou sanitaires. Les différents agents concernés sont les usagers du service de transport, les différents maîtres d'ouvrage, gestionnaires, opérateurs des services de transports, mais aussi l'Etat et les citoyens indirectement affectés par les effets sur la sécurité, la santé et l'environnement. Cette agrégation se fait au travers d'une somme pondérée des effets monétarisables sur les différents agents, le coefficient de pondération représentant la valeur relative des effets les uns par rapport aux autres. Cette valeur relative est exprimée en euros, d'où le terme de monétarisation généralement employé pour qualifier cette pondération. L'agrégation, i.e. la somme des effets ainsi monétarisés, permet alors de représenter la valeur du projet pour l'ensemble de la collectivité en un indicateur unique. Cet indicateur est dénommé valeur nette actualisée socio-économique (VAN-SE).

Cet indicateur présente l'avantage de la simplicité d'utilisation, grâce à sa représentation en une valeur unique, d'une grande variété d'effets et d'agents concernés. Cependant, cet indicateur présente des limites d'utilisation, précisément du fait que tous les effets ne peuvent pas être représentés par une valeur permettant la comparaison avec d'autres effets. Ce peut être le cas d'effets non monétarisables, ou d'effets dont la valeur comparée aux autres effets est inconnue.

Formules simplifiées de la VAN-SE

La valeur nette actualisée socio-économique (VAN-SE) représente en théorie la somme pondérée par leur valeur monétaire de tous les effets du projet sur les agents présents dans l'économie. Ces effets sont principalement de deux types : les variations de flux monétaires réels (coûts d'investissement, d'exploitation, d'usure des véhicules,…) et les variations de grandeurs monétarisables (temps de parcours, certains effets environnementaux ou de sécurité). Les effets du projet s'apprécient en différentiel entre l'option de projet (si le projet est réalisé) et l'option de référence (si le projet n'est pas réalisé), et les variations sont calculées sur une période donnée, la durée d'évaluation.

En première approche, dans une forme simple et représentative, la VAN-SE s'écrit, pour un projet de transports, comme la variation des avantages du projet diminuée de la variation des coûts d'investissement et d'entretien :

VAN-SE = - ΔI - ΔE + ΔAvantages

Avec :
ΔI est la variation de coûts d'investissement du projet entre l'option de projet et l'option de référence ;
ΔE est la variation des dépenses d'entretien et d'exploitation entre l'option de projet et l'option de référence ;
ΔAvantages représente les avantages de l'option de projet par rapport à l'option de référence.

De façon simplifiée, les avantages résultent de la variation, entre l'option de projet et l'option de référence, du surplus des usagers de transports, des avantages pour l'environnement (pollution de l'air, nuisances sonores, etc.) et des avantages en termes de sécurité, ces avantages étant évalués à partir de valeurs de référence (évoluant dans le temps). La VAN-SE s'écrit alors :

VAN-SE = - ΔI - ΔE + ΔS + ΔEnv + ΔSécu

Avec :
ΔS, ΔEnv, ΔSécu représentent respectivement les variations, entre l'option de projet et l'option de référence, du surplus des usagers, des avantages environnementaux et des avantages en termes de sécurité.

Dans la présentation du bilan collectif, la valeur nette actualisée du scénario d'aménagement est présentée comme la somme :
- des avantages des usagers, des avantages pour l'environnement, des avantages de sécurité ;
- diminués des dépenses d'investissement, d'entretien et d'exploitation du scénario d'aménagement et, éventuellement, des pertes de recettes des opérateurs des autres modes de transport réduites de leurs économies de frais d'exploitation et d'entretien.

Pour le calcul détaillé des différents termes, on se référera notamment aux fiches sur les coûts et aux fiches présentant les valeurs de référence et les valeurs recommandées.

Décomposition simplifiée du bilan entre catégories d'acteurs

Les formules ci-dessous permettent de présenter simplement la décomposition du bilan par catégories d'acteurs. Considérons en effet, dans un premier temps à titre illustratif, deux catégories d'acteurs :
- l'opérateur qui construit et exploite le service de transports ;
- les usagers (au sens large), qui bénéficient du service de transports et ont un surplus ΔU (net des coûts monétaires consentis en dehors des prix versés à l'opérateur), au prix d'une dépense R versée à l'opérateur (ex : péage, prix du billet) et sont affectés par les effets environnementaux et sanitaires ΔExt.

Le coût (monétaire) de la production du service de transports est C

Le bilan se décompose alors simplement :

Bilan pour l'opérateur :	- C + R
Bilan pour l'usager et les bénéficiaires :	+ ΔExt + ΔU - R
Bilan collectif (= total) :	- C + ΔU + ΔExt

Cette présentation illustre le fait que les transferts entre agents économiques (ici les recettes de la tarification des transports) s'annulent dans le bilan collectif.

On présente donc en général dans le VAN-SE le surplus des usagers ΔU hors recettes de la tarification des transports et hors taxes. Par contre, ces dépenses sont à prendre en compte dans le bilan pour les usagers.

Cette présentation peut s'étendre à toute autre décomposition entre acteurs.

Si l'on considère l'Etat, qui peut par exemple subventionner en partie le service de transport (taux de subvention = σ) et bénéficier de taxes sur les recettes (taux de taxe = τ), le bilan se décompose ainsi simplement :

Bilan pour l'opérateur :	- C . (1- σ) + R . (1- τ)
Bilan pour l'usager et les bénéficiaires :	+ ΔU + ΔExt – R
Bilan pour l'Etat :	- C . σ + R . τ
Bilan collectif (= total) :	- C + ΔU + ΔExt

Prise en compte du caractère inter-temporel : notion d'actualisation

L'actualisation est l'outil de calcul utilisé dans l'évaluation socio-économique des projets pour agréger en un indicateur unique des valeurs qui s'échelonnent dans le temps.

On définit le *facteur d'actualisation* γ_t comme le facteur par lequel il faut multiplier une unité (de consommation, d'effet, de revenu) de l'année t pour la rendre équivalente, en termes d'utilité (ou de préférence, ou de satisfaction), à la même quantité disponible aujourd'hui (t=0). Ainsi, la quantité de consommation qui est équivalente, en termes d'utilité (ou de satisfaction) à une valeur de 1 € disponible aujourd'hui, est égale à γ_t * 1 € si elle n'est disponible que dans t années.

Le *taux d'actualisation* a_t permet d'exprimer le facteur d'actualisation de façon exponentielle en fonction du temps entre aujourd'hui et la date de disponibilité du bien considéré :

$$\gamma_t = \frac{1}{\prod_{i=1}^{t}(1+a_i)}$$

On fait en général l'hypothèse que le taux d'actualisation peut, au moins sur des périodes limitées (10 à 20 ans), être considéré comme constant, soit : $\gamma_t = \frac{1}{(1+a)^t}$

Ainsi, une séquence de quantités de bien disponibles aux dates t=0,……T en quantités A_0,…..A_t…A_T peut se représenter, en termes d'utilité, en une quantité équivalente, disponible à la date t=0 :

$$A_0^* = \sum_{t=0}^{T} \frac{A_t}{(1+a)^t}$$

Les grandeurs monétaires futures sont ainsi ramenées à des valeurs présentes.

NB : l'actualisation se distingue de l'inflation et donc des calculs de déflateurs. Les déflateurs consistent à rapporter des prix à un prix de référence : les prix évoluent au cours du temps dans l'économie, mais, pour les comportements des agents, ce qui compte en théorie est le niveau des prix et des revenus relativement les uns aux autres.

Les déflateurs reprennent cette idée, en retenant un dénominateur commun, pour chaque période, pour tous les prix : en l'occurrence, il s'agit de l'indice des prix à la consommation ou l'indice des prix du produit intérieur brut.

Ainsi, dans les calculs d'actualisation, les différents flux (investissements, recettes, surplus des usagers, effets externes) sont exprimés en monnaie constante (c'est-à-dire corrigée de l'inflation).

Notion de valeur résiduelle

Par définition, la valeur nette actualisée (VAN-SE) pour la collectivité se calcule alors, avec les notations précédentes :

$$VAN-SE_{\infty} = -\frac{I_{t_0}}{(1+a)^{t_0-T}} + \sum_{t=t_0+1}^{\infty} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}}$$

Pour simplifier, on suppose dans un premier temps que l'investissement est réalisé en une seule fois (et on ne prend pas en compte le renouvellement de l'infrastructure). Une méthode simplifiée de calcul de la VAN-SE consiste alors à calculer la valeur nette actualisée à un horizon H suffisamment lointain pour que l'on approche la somme à l'infini :

$$VAN-SE_H = -\frac{I_{t_0}}{(1+a)^{t_0-T}} + \sum_{t=t0}^{H} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-T}} \approx VAN-SE_{\infty}$$

On peut utiliser une approche normalisée en intégrant un horizon d'évaluation intermédiaire N du projet :

La valeur résiduelle est alors la somme actualisée des avantages et coûts de l'année N+1 à l'année H : $VR = \sum_{t=N+1}^{H} \frac{\Delta A_t - \Delta E_t}{(1+a)^{t-N}}$

Notion de durée de vie économique

Dans le cas où le renouvellement des infrastructures est pris en compte, on peut calculer une durée optimale de renouvellement qui, en théorie, minimise la valeur actualisée (à l'infini) de la séquence des coûts de maintenance et de renouvellement. Cette durée est aussi appelée durée de vie socio-économique du projet.