

Deuxième appel à projets TCSP

Annexe n°3

Méthodologie pour l'évaluation de l'impact énergie / CO₂ des projets de TCSP

Observatoire Energie Environnement des Transports
Commission Technique Voyageurs
Mars 2010



Nota : pour aider les AOT dans ce calcul, le CERTU a mis un tableur à leur disposition sur son site internet (www.certu.fr) qui leur permettra, après avoir renseigné les principales données de base, d'obtenir une estimation simplifiée des distances parcourues en voitures particulières après la mise en service du TCSP projeté, et d'en déduire une estimation des réductions des émissions de CO₂.

Préambule

Le développement des transports en commun en site propre (TCSP) fait partie des dispositions retenues par la loi de programmation d'août 2009 pour la mise en oeuvre du Grenelle Environnement.

Il est attendu de la mise en service de ces nouvelles lignes de TCSP des transferts modaux provenant d'anciens automobilistes ayant délaissé l'usage de leurs véhicules pour se déplacer en transport public de qualité permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Pour contribuer à ce développement, il est prévu que l'Etat consacrera 2,5 milliards d'euros d'ici 2020 pour soutenir les projets de TCSP des autorités organisatrices qui auront été retenus au terme d'appels à projets.

Il est donc important, à l'occasion de ces appels à projets, dont le second doit être lancé en 2010, que puisse être appréciée la réduction des émissions de CO₂ permise par chacune des opérations présentées. Au regard des réponses au premier appel à projets, il est apparu nécessaire d'améliorer les éléments de méthode proposés aux autorités organisatrices candidates pour élaborer leurs estimations en la matière et leur donner une base commune permettant une meilleure analyse des différents projets.

L'évaluation de l'impact énergétique et climatique d'un nouveau service

Le Grenelle Environnement a posé, dans le cadre du COMOP n°7 Transports en commun urbains, le problème de l'évaluation de l'impact énergétique et climatique de nouveaux projets de TCSP (métros, trams, BHNS...). La présente note méthodologique constitue une actualisation de la note réalisée en 2008 dans le cadre des travaux de la Commission Technique Voyageurs de l'Observatoire Energie Environnement des Transports (OEET). Conformément à l'engagement n°13 du Grenelle, l'OEET, adossé à l'ADEME, au CITE PA et au MEEDDM, associe l'ensemble des parties prenantes.

Il convient de souligner que l'impact global devrait en toute rigueur comprendre deux termes distincts : celui de la construction du site propre et celui du service mis en place sur cette infrastructure (gains de CO₂ liés à l'ensemble des transferts modaux et gains générés par un nouveau matériel roulant plus performant).

En première analyse, compte tenu de la durée de vie du service potentiel mis en place sur l'infrastructure, le deuxième terme est prépondérant. Il est donc proposé dans un premier temps de se limiter à son évaluation. C'est en effet la notion de service mis en place (au sens structuration du territoire et attractivité du service pour les usagers) qui régit au premier ordre la décision publique. En outre, il convient de souligner que cette évaluation pose des problèmes méthodologiques plus complexes que ceux posés par la construction (et d'ailleurs son entretien).

Le transfert modal comme paramètre directeur de l'impact énergie / CO₂

Ce qui fonde la pertinence de la décision en matière d'impact énergie / CO₂ est la capacité d'un nouveau service de mobilité urbain ou périurbain, permis par la mise en place d'un TCSP, à générer un transfert modal significatif de la voiture particulière, moins efficace énergétiquement et plus émettrice de CO₂, vers le transport en commun en site propre.

Les tableaux ci-après donnent, à titre indicatif, des valeurs moyennes de référence pour les efficacités énergétiques (en grammes équivalent pétrole/voyageur.kilomètre) et les émissions de CO₂ associées (en grammes équivalent CO₂/voyageur.kilomètre) des différents modes de transport.

Efficacités énergétiques des modes de transport : phase d'utilisation (« du réservoir à la roue ») et globale (« du puits à la roue »)

Modes	Type de liaisons	Efficacité énergétique de la phase d'utilisation (gep/voy.km)	Efficacité énergétique globale (gep/voy.km)
Voiture particulière *	Urbain	56	65
	Périurbain	44	51
2 Roues motorisées	Urbain	36	41
	Périurbain	26	30
Bus	Bus RATP	32	38
	Bus IdF Hors	38	44
	Province	35	41
	Moyenne	35	41
	BHNS	22	26
TCSP fer	Métro ancien	7	18
	Métro moderne	5	14
	Tramway	6	15
	RER	7	17
	Transilien	10	27

* Taux de remplissage moyen 1,2.

Source : « Efficacité énergétique, émissions de CO₂ et autres émissions gazeuses spécifiques des modes de transport », étude réalisée par Deloitte pour l'ADEME (données 2005), 2007.

Emissions de CO₂ des modes de transport : phase d'utilisation (« du réservoir à la roue ») et globale (« du puits à la roue »)

Modes	Type de liaisons	Emissions CO ₂ phase utilisation (g CO ₂ /voy.km)	Emissions CO ₂ globales (production énergie + phase utilisation) (g CO ₂ /voy.km)
Voiture particulière *	Urbain	174	206
	Périurbain	136	162
2 Roues motorisées	Urbain	110	129
	Périurbain	79	93
Bus	Bus RATP	101	120
	Bus IdF Hors	117	140
	Province	111	132
	Moyenne	109	130
	BHNS	70	84
TCSP fer	Métro ancien	0	4
	Métro moderne	0	3
	Tramway	0	3
	RER	0	4
	Transilien	1	12

* Taux de remplissage moyen 1,2.

Source : « Efficacité énergétique, émissions de CO₂ et autres émissions gazeuses spécifiques des modes de transport », étude réalisée par Deloitte pour l'ADEME (données 2005), 2007.

L'impact énergie / CO₂ sera donc fonction du différentiel de service rendu entre les modes.



Quelle approche pour l'évaluation des possibilités de transfert modal ?

Il faut noter que l'approche méthodologique proposée pour « l'impact énergie / CO₂ » peut s'appliquer également pour le calcul des impacts en termes d'émissions de polluants locaux, avec toutefois une incertitude plus forte liée aux émissions moins bien connues des différents véhicules selon leurs conditions de circulation.

Principes d'évaluation

Le groupe de travail propose ici le déroulement type d'une estimation des gains en énergie et en CO₂ générés par le nouveau TCSP. Cette estimation fera partie des critères du second appel à projets TCSP. Elle tient compte :

- des gains d'énergie issus de la réorganisation globale du réseau ;
- des changements de modes de traction ;
- de l'ensemble des reports modaux :
 - de la voiture particulière vers les transports en commun en site propre (VP vers TCSP) ;
 - du bus vers les TCSP ;
 - des modes doux (vélo, marche à pied...) vers les TCSP ;
- du trafic induit.

La méthode vise à avoir une bonne connaissance des déplacements concernés par le projet (Première étape), à estimer les voy.km reportés de la VP vers les TC (Deuxième étape) et à évaluer les gains en énergie et CO₂ liés à l'ensemble des reports modaux (Troisième étape).

Le périmètre considéré pour ces évaluations est celui du périmètre des transports urbains (PTU), soit l'aire de compétence de l'autorité organisatrice.

Première étape : la connaissance des déplacements concernés par le projet

La première étape est l'examen des déplacements sur l'agglomération. Il est préconisé de prendre le PTU comme périmètre de référence. Toutefois, le maître d'ouvrage peut proposer un périmètre d'évaluation qui lui semble pertinent en fonction des actions entreprises : construction de TCSP uniquement, restructuration de réseau... A titre d'exemple, dans le premier cas, une analyse de déplacements sur un périmètre de « bande de 500m de part et d'autre du TCSP » peut être suffisant, dans le second, le périmètre d'évaluation semble devoir être étendu au PTU.

Il s'agit tout d'abord de déterminer le volume de déplacements (voy.km), par origine/destination si possible, et leur répartition modale (en %) avant la mise en place du projet de TCSP. Les sources potentielles sont les données issues des études et rapports du dossier d'enquête publique préalable à la DUP, contenues dans le PDU et les résultats de l'enquête ménages/déplacements (selon la méthode CERTU, si elle existe). Cela peut être utilement complété par les enquêtes de clientèle des opérateurs de transports dans certains cas.

Le calcul de la valeur de report modal doit se baser au minimum sur les éléments extraits du dossier de candidature dont la composition est définie dans le cahier des charges de l'appel à projets TCSP¹ :

¹ Dans le cadre des évaluations socio-économiques et des bilans des grands projets d'infrastructures le guide du Certu (1997) « Evaluation des TCSP : indicateurs transport pour l'analyse et le suivi des opérations » propose une méthodologie de suivi et d'évaluation de projet de TCSP afin d'en comprendre l'impact sur les déplacements, sur la situation sociale et économique. Il s'attache à définir les indicateurs apparus les plus pertinents : pratiques de

- une description de l'agglomération et de son système de transport, notamment la part modale des TC, et les différents trafics par mode en voy.km ;
- les évolutions récentes des principales données socio-économiques et les éventuels projets structurants à venir de l'agglomération ;
- une description du territoire considéré : population, emplois, infrastructures ;
- une description des flux de voyageurs avant la réalisation du projet : trafic origine/destination sur l'itinéraire considéré ; nature du trafic (trafic VP, trafic PL, trafic de transit, trafic d'échange) ; temps de parcours moyen VP et TC, interconnexions avec le réseau TC existant quand cela a du sens ;
- une description du projet de TCSP : longueur, capacité, fréquence, amplitude horaire ;
- les gains escomptés par la mise en place du site propre : gains de temps, de fréquence, de confort.

A partir de ces données, si le maître d'ouvrage dispose de moyens techniques au sein de ses services, il peut mener une analyse en termes de temps total prévisible de déplacement². Cet établissement de cartes isochrones par mode permet une évaluation des temps comparatifs de déplacement selon les différents modes utilisables : voiture, modes doux, TCSP, et donc un potentiel de report modal.

Deuxième étape : l'évaluation du taux de transfert modal VP vers TC

A partir de l'ensemble de ces éléments, une évaluation du taux de transfert voiture particulière vers transports en commun peut être faite à différentes étapes selon différents critères.

1) L'estimation du report modal dans l'évaluation *a priori* du projet de TCSP

L'estimation du report modal *a priori* du projet est menée par la collectivité candidate à l'appel à projets lors de l'évaluation *a priori* de son projet de TCSP. Le choix de la méthode d'estimation du report modal est laissé à la collectivité qui peut faire appel à un prestataire extérieur si elle le souhaite.

Suivant la nature des projets et le niveau d'expertise mis en œuvre, l'estimation peut être faite en se basant soit sur des raisonnements par analogie, soit à l'aide de résultats issus de modélisations (voir troisième étape), soit en se calant sur des valeurs par défaut proposées dans la note spécifique ci-après « Valeurs de report modal par défaut ». En effet, certaines données peuvent être indisponibles et des valeurs de taux de transfert sont donc proposées (issues de bilans LOTI, de résultats d'enquêtes ménages, de dires d'experts...) par taille d'agglomération, ces valeurs sont considérées par défaut et le maître d'ouvrage peut proposer et argumenter un ajustement supérieur ou inférieur.

En règle générale, la création d'une ligne de TCSP s'insère dans une politique plus large d'aménagement. La collectivité est donc à même d'expliquer les estimations de report modal qu'elle attend comme résultat de sa politique.

déplacement et stationnement, environnement (air, bruit) et utilisation de l'énergie, offre et usage du réseau et résultats d'exploitation, pour les TCSP : données générales, qualité de service, coût de construction et d'exploitation, clientèle et sécurité.

² Le temps total de déplacement doit comprendre :

- Pour le TCSP : les temps de pré et post acheminement jusqu'au TCSP et le temps d'attente moyen de prise du mode (fonction de la fréquence de la desserte) ;
- Pour la voiture : le temps de trajet augmenté d'un temps moyen de recherche de place de stationnement.

2) L'estimation du report modal dans l'évaluation *a posteriori* du TCSP en service

L'estimation *a posteriori* a pour objet d'apprécier les résultats constatés au regard des prévisions (cf. § 1).

L'estimation *a posteriori* du report modal se base obligatoirement sur l'exploitation d'enquêtes réalisées sur le réseau de transport public urbain.

En plus de l'analyse des chiffres de fréquentation des lignes avant et après projet, les enquêtes de clientèle permettent de déterminer la part du report modal dans l'augmentation de la clientèle TC. Les usagers de la ligne renseignent leur pratique de déplacement avant et après la mise en place du nouveau service. Le pourcentage d'usagers passant d'un déplacement en voiture particulière à un déplacement en transport collectif est ainsi estimé. L'origine et la destination des trajets étant déterminées dans ces enquêtes, une estimation des voy.km utilisant la ligne de TCSP et anciens utilisateurs de voitures particulières est donnée par redressement statistique. Cette donnée permettra ensuite de calculer les gains énergétiques et d'émissions de CO₂.

Troisième étape : l'évaluation des gains énergie/CO₂ liés aux reports modaux

Les gains en énergie et en CO₂ induits par le nouveau TCSP sont évalués à partir :

- des consommations d'énergies et des émissions de CO₂ de l'ensemble du réseau de transports en commun avant et après la mise en service du TCSP,
- et des émissions de CO₂ évitées par le report modal de la VP vers le TCSP.

Ainsi :

$$G = (E_{TCAV} \times FE - E_{TCAP} \times FE) + E_{VP}$$

$$E_{VP} = d_{vp} \times e_{vp}$$

Où :

G constitue le gain en CO₂ lié à l'ensemble des reports modaux vers le TCSP et au changement (éventuel) de mode de traction

E_{TCAV} représente les quantités d'énergies utilisées (carburants liquides en litres, électricité et GNV en kWh) pour la traction par les différents modes de transports en commun du réseau avant la mise service du nouveau TCSP

E_{TCAP} représente les quantités d'énergies utilisées (carburants liquides en litres, électricité et GNV en kWh) pour la traction par les différents modes de transports en commun du réseau après la mise service du nouveau TCSP

FE représente les facteurs d'émissions de CO₂ (en Kg CO₂/l et en Kg CO₂/kWh) des énergies de traction utilisées par les TC

E_{VP} représente les émissions de CO₂ des VP évitées par la mise en service du TCSP

d_{vp} est la somme des distances parcourues par les anciens utilisateurs de VP, utilisant le TCSP ensuite, en voy.km

e_{vp} représente les émissions de CO₂ du VP en milieu concerné (urbain, périurbain) en g CO₂/voy.km

Il est supposé que la distance moyenne des trajets est identique, avant et après, pour les usagers basculant de la VP vers les TC.

Facteurs d'émission des énergies et valeurs de report modal par défaut pour l'évaluation des projets de TCSP

La présente note méthodologique s'inscrit dans le cadre des travaux de la Commission Technique Voyageurs de l'Observatoire Energie Environnement des Transports (OEET). Elle vient actualiser une première version réalisée en juin 2008 dans le cadre du Grenelle Environnement COMOP 7 – Transports en Commun Urbains - et soumise aux autorités organisatrices qui ont répondu à l'appel à projets « Transports urbains » d'octobre 2008.

Dans le cadre de la méthodologie pour l'évaluation de l'impact CO₂ des projets de TCSP, des valeurs par défaut sont proposées pour les facteurs d'émission CO₂ des énergies et pour les valeurs de report modal de la VP vers les TC.

Le groupe de travail réunissant des membres d'entreprises, de fédérations représentatives et d'institutions présents au sein de la Commission Technique Voyageurs de l'OEET est composé :

- du MEEDDM, dont la DGITM, le CGDD et le Certu,
- de l'ADEME,
- du CITEPA,
- du GART,
- de l'UTP,
- de la RATP,
- des principaux opérateurs de transports en commun de province : Keolis, Veolia, Transdev et AGIR.

Les méthodes et valeurs proposées dans cette note sont déclarées consensuelles au sein du groupe.

Proposition de valeurs par défaut pour les facteurs d'émission CO₂ des énergies

• Facteurs d'émissions des combustibles

Combustibles	Facteurs d'émissions			Unités
	Phase amont	Phase combustion	Total	
Mélange* (gazole + EMVH), France 2008, gazole seul	0,566	2,498	3,064	kg CO ₂ e/l
Mélange* (essence + éthanol), France 2008, essence seule	0,423	2,197	2,620	kg CO ₂ e/l
GNV	425,72	2 389,17	2 814,89	Kg CO ₂ /tep
GPL	0,50	1,546	2,046	Kg CO ₂ e/l

Sources : CITEPA, Bilan carbone ADEME V6

* Les chiffres donnés concernent l'année 2008 et correspondent aux taux d'incorporation de 5,6% en énergie de l'EMHV et de 5,4% en énergie de l'éthanol. Les valeurs correspondent aux émissions du produit d'origine pétrolière seul : les émissions directes liées à la partie biocarburant du mélange ne sont pas comprises. Cette approche est cohérente avec la méthodologie de l'inventaire national des émissions dans l'air.

• Facteurs d'émissions de l'électricité

Théoriquement, le contenu en CO₂ du kWh électrique peut être simple à évaluer : à chaque instant, pour un système de production électrique donné, ce contenu se calcule à partir du mix de production mis en œuvre.

Dans la réalité la situation est plus complexe compte tenu des paramètres suivants :

- il y a pour chaque pays plusieurs producteurs d'électricité, utilisant des sources d'énergies primaires différentes, et donc proposant une électricité avec un contenu CO₂ variable ;
- comme les différents producteurs nationaux (quelle que soit leur taille) sont connectés à un même réseau, il est difficile de savoir à qui attribuer un kWh électrique qui vient d'être consommé, les électrons étant indifférenciés. Il en est de même si on considère les importations qui transitent via les points d'interconnexions du réseau français avec les autres pays européens ;
- les émissions moyennes annuelles d'un pays ne rendent pas compte des différences très importantes, à la fois suivant la saison et le jour d'appel (été, hiver, week-end...) et le moment de la journée (jour, nuit, pointe de 19h) : le mix de production diffère entre les périodes creuses et les périodes de pointe pendant lesquelles tous les moyens sont mis à contribution. La mise en route « rapide » de moyens de production de pointe (centrales à gaz, à fioul lourd et à charbon) fait changer de manière significative le contenu en CO₂ du kWh.

Les recommandations formulées pour les transporteurs ayant recours à l'énergie électrique sont d'utiliser les valeurs du contenu CO₂ du kWh suivantes :

- de préférence celles que leurs fournisseurs d'électricité peuvent leur communiquer, notamment lorsqu'il existe un lien contractuel garantissant la fourniture d'électricité à partir d'un certain mode de production (achat d'électricité verte, certificats de garantie d'origine);
- lorsqu'un transporteur a plusieurs fournisseurs d'électricité, il peut ainsi calculer un mix de production sur la base de ses propres achats ;
- **à défaut, la valeur de 84 g CO₂/ kWh pour l'électricité consommée en France, issue du Bilan Carbone ADEME V6 ;**
- à défaut, pour les autres pays, les valeurs annuelles publiées par l'AIE.

Proposition de valeurs de report modal VP vers TC par défaut

L'objectif de la méthode est d'estimer les voy.km reportés de la VP vers les TC. Le périmètre considéré pour les évaluations est celui du périmètre des transports urbains (PTU), soit l'aire de compétence de l'autorité organisatrice.

La période considérée pour l'observation du report est d'une année après le début de la mise en service pour l'ensemble des aires urbaines. En outre, l'exigence législative des bilans LOTI impose une évaluation entre 3 et 5 ans après la mise en service.

Les valeurs proposées proviennent d'observations réalisées sur différents réseaux de transport en commun de France. Malgré les obligations de la loi LOTI, les bilans concernant les reports modaux ne sont pas systématiques, les valeurs proposées doivent donc être comprises comme des valeurs cadres. De nombreux éléments peuvent amener ces données à évoluer, et pas seulement une politique volontariste sur le développement des transports en commun à l'échelle d'une agglomération mais parfois des données exogènes (prix des carburants, congestion, type de développement urbain...).

Valeurs de report modal proposées								
% d'usagers de la ligne de TCSP, après sa mise en service, utilisant une voiture auparavant pour se déplacer (en % du nombre total de passagers)								
Taille d'aire urbaine / Type de	Plus de 450 000 habitants		De 450 000 à 250 000 habitants		De 250 000 à 100 000 habitants		Moins de 100 000 habitants	
	Urbain	Périurbain	Urbain	Périurbain	Urbain	Périurbain	Urbain	Périurbain
Ferroviaire régional	10%	20%	10%	25%				
Ferroviaire périurbain Tram - Train	10%	15%	20%	20%	20%	25%		
Tramway	10%	15%	15%	20%	15%	20%	20%	25%
Métro	10%	20%	20%	25%	15%	20%		
BHNS	5%	10%	15%	20%	15%	20%		

Passage des voyageurs aux voyageurs.km

Les données du tableau ci-dessus permettent d'avoir une estimation *a priori* des passagers ayant basculés de la voiture particulière vers les transports collectifs.

Pour passer des voyageurs aux voy.km, il est nécessaire de connaître le trajet moyen (en km) effectué sur le réseau. Cette donnée est généralement connue des gestionnaires de réseau. Dans le cas contraire, les maîtres d'ouvrage peuvent utiliser la valeur moyenne de 4 Km.

De la même manière, pour établir un raisonnement sur les véhicule.km, le taux d'occupation moyen pour la VP de 1,1 pourra être utilisé.

Précisions quant aux données retenues et à leur interprétation

De manière générale, dans les études amont (débat public, étude d'impact...) de projets de TCSP, les taux de report modal pris en compte oscillent entre 10 et 15%.

Des chiffres plus élevés apparaissant dans certaines enquêtes font état de report avoisinant les 30%. Un tel taux peut intégrer les modes doux, qui ne nous intéressent pas dans ce cadre, ou bien se baser sur des données de voyages et non de déplacements.

Si la collectivité met en œuvre d'autres mesures visant à favoriser le report modal (politique de stationnement, restructuration de réseau...), elle peut proposer et justifier des valeurs différentes de celles présentées dans cette note.

