

# RAPPORTS

Service  
CETE SUD-OUEST

Sous-service  
DDAT/ESAD-ZELT

02/02/11

# **OPERATION SERRES- action 3**

## **méthodologies d'évaluation**

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**



Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

## Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	03/02/11	

## Affaire suivie par

<b>Marie-reine BAKRY- CETE SO/DDAT/ESAD-ZELT</b>
<i>Tél. : 05 62 25 97 84 / Fax : Xx xx xx xx xx</i>
<i>Courriel : Marie-reine.BAKRY@developpement-durable.gouv.fr</i>

## Rédacteur

**Marie-Reine BAKRY - CETE SO/DDAT/ESAD-ZELT**

## Relecteur

## Référence(s) intranet

# SOMMAIRE

<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>7</b>
1.1 - Champ de l'étude.....	7
1.2 - Structure de l'étude.....	8
1.3 - Contenu du présent rapport.....	8
<b>2 - LES MÉTHODES D'ÉVALUATION.....</b>	<b>10</b>
2.1 - L'objectif de l'évaluation.....	10
2.2 - Les impacts attendus.....	10
2.3 - Les indicateurs.....	11
2.3.1 -Le noyau dur.....	11
2.3.2 -Les indicateurs complémentaires de sécurité.....	14
2.3.3 -Les indicateurs environnementaux complémentaires .....	15
2.3.4 -Les résultats de l'analyse bibliographique.....	17
2.4 - Les principales méthodes .....	17
2.4.1 -Les méthodes d'évaluation a priori.....	18
2.4.2 -Les méthodes d'approche par tests expérimentaux.....	19
2.4.3 -Les méthodes d'évaluation a posteriori.....	20
2.4.4 -Les résultats de l'analyse bibliographique.....	21
<b>3 - LES MÉTHODES DE MESURE .....</b>	<b>23</b>
3.1 - Les méthodes de mesure.....	23
3.2 - Les logiciels de modélisation .....	23
3.2.1 -Finalité globale.....	23
3.2.2 -Modélisation du trafic routier.....	24
3.2.3 -Sécurité.....	26
3.2.4 -Environnement.....	27
<b>4 - LES OUTILS D'ANALYSE DES RÉSULTATS.....</b>	<b>30</b>
4.1 - L'analyse coûts -bénéfices (ACB).....	30
4.2 - L'analyse multicritères.....	31
4.3 - Conclusion partielle .....	33
4.4 - Les méthodes d'analyse globale appliquées en France.....	34
4.5 - Les résultats de l'analyse bibliographique.....	35
<b>5 - CONCLUSIONS.....</b>	<b>37</b>
<b>6 - ÉLÉMENTS BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>38</b>
<b>7 - RÉFÉRENCES.....</b>	<b>40</b>
<b>1 - ANNEXE 1.....</b>	<b>41</b>

<b>2 - ANNEXE 2 - PRÉSENTATION D'OUTILS DE MODÉLISATION .....</b>	<b>43</b>
<b>3 - FICHES DE LECTURE D'ÉTUDES.....</b>	<b>46</b>
3.1 - Etudes METHODES THÉORIQUES.....	46
3.1.1 -Etudes portant sur des évaluations a priori.....	57
3.2 - Études portant sur des évaluations a priori.....	69
3.3 - Études portant sur les méthodes de tests -terrains.....	71
3.4 - Études d'évaluation a posteriori.....	75
3.5 - Études basées sur une approche multicritères.....	83
3.6 - Outils d'évaluation et recherches associées.....	87
3.6.1 -Logiciel de modélisation.....	87
<b>4 - ÉTUDES SUR LES FACTEURS D'INFLUENCES EXTERNES AUX ACTIONS D'EXPLOITATION.....</b>	<b>99</b>

## Synthèse



# 1 - Introduction

La France, comme l'ensemble des pays européens est confrontée à une demande croissante de mobilité individuelle des citoyens alors que la société dans son ensemble doit réduire l'impact environnemental du transport routier et accroître son efficacité. Dans le même temps, la construction de nouvelles infrastructures routières est confrontée à une sensibilité croissante des citoyens à l'égard de l'environnement, de leur environnement et de leur sécurité. Il est nécessaire de développer un système de transport routier propre et économe en énergie, sûr et intelligent; en particulier dans les milieux urbains et péri-urbains.

Les solutions semblent résider dans le développement de pratiques permettant de limiter les congestions récurrentes. Il y a potentiellement plusieurs stratégies qui permettent de gérer la congestion, mais la plupart relèvent d'une des deux catégories suivantes : celles qui offrent une nouvelle capacité ou libèrent une nouvelle capacité et celles qui limitent ou visent à gérer les niveaux de trafic.

L'opération de recherche SERRES a pour objectif :

- de produire des recommandations et des solutions permettant de limiter l'empreinte environnementale de la circulation routière ;
- d'améliorer les méthodes de mesure de la mobilité routière et des nuisances qui y sont associées ;
- de faire progresser les méthodologies d'analyse et d'évaluation des impacts des projets d'aménagements ou d'exploitation du trafic routiers sur l'environnement et la sécurité des usagers.

## 1.1 - Champ de l'étude

Cette étude bibliographique s'inscrit dans le cadre de l'action 3 de l'opération SERRES.

Pour atteindre une efficacité maximum des réseaux, il est nécessaire de mettre au point des stratégies intégrées d'aménagement et d'exploitation des infrastructures routières. L'optimisation de ces politiques d'exploitation impose d'avoir des outils d'évaluation efficaces pour réaliser :

- une évaluation en temps différé afin de définir des stratégies de gestion de la circulation;
- une évaluation en temps réel pour vérifier les changements survenus dans les caractéristiques de la circulation ;
- identification des modifications à apporter à la stratégie retenue.

Parallèlement, l'émergence du concept de développement durable incite à considérer l'évaluation comme une composante essentielle du processus de décision des pouvoirs publics en ce qui concerne la réalisation des projets.

Cette étude vise à contribuer à l'amélioration des méthodes de mesure, d'analyse et d'évaluation des impacts des projets d'aménagements de la circulation routière ou d'exploitation du trafic routier, en particulier en terme de sécurité des usagers et de conséquences environnementales. Elle intègre, sans les développer vu l'étendue propre du sujet, l'évaluation de systèmes de transports intelligents associés à ces projets.

Elle a pour objectif d'établir, à partir d'une sélection de rapports ou d'études existants, un état des lieux des méthodes d'évaluation appliquées à ces projets ou actions, des indicateurs utilisés et des données nécessaires ainsi que des principaux outils de mesure ou d'analyse associés.

Le but du document est non seulement de décrire des méthodes différentes, mais aussi de caractériser le domaine d'application d'une méthode et des outils associés, en précisant si possible leurs limites. Cette étude ne couvre pas toutes les méthodes. Typiquement dans les premières phases de développement de système d'exploitation routière, principalement des systèmes de transports intelligents, les essais de laboratoire sont applicables ; ils peuvent se concentrer sur la performance technique du système ou sous-systèmes ; l'intelligibilité et la lisibilité des fonctions spéciales du système; l'ergonomie de l'information etc. Les méthodologies développées par des projets tels que FESTA et AIDE<sup>1</sup> couvrent ces domaines particuliers.

## 1.2 - Structure de l'étude

Cette étude se compose de trois parties principales.

La première partie relative aux méthodes d'évaluation se compose de quatre sous-parties. Après un bref rappel sur les objectifs de l'évaluation, elle présente les indicateurs utilisables en fonction des impacts identifiés, puis recense et décrit sommairement les méthodes d'évaluation applicable à ce type de projet, en précisant leurs limites et contraintes et présente les méthodes d'analyse globale d'un projet.

La deuxième partie est axée sur la mesure des effets et des impacts. Elle décrit les méthodes d'estimation ou de mesures et les outils associés et précise les secteurs dans lesquels de nouvelles méthodes devraient être développées et appliquées.

La troisième partie présente les méthodes d'analyse globale des résultats.

## 1.3 - Contenu du présent rapport

Nous avons sélectionnés des études, effectuées récemment, portant sur la description et l'analyse de méthodes et d'outils d'évaluation, mais aussi sur l'évaluation a priori ou a posteriori de projet d'aménagement routier ou de mise en œuvre de systèmes<sup>2</sup> de gestion de trafic en portant une attention particulière :

- aux objectifs visés en terme de sécurité et d'environnement,
- aux impacts attendus ou mesurés dans ces domaines,
- aux méthodes, indicateurs et outils utilisés,
- aux résultats obtenus,
- aux leçons apprises.

L'identification, la description et l'analyse des méthodes existantes présentées dans ce rapport se basent sur :

- la littérature technique disponible, en particulier au niveau français (documents SETRA, CERTU et INRETS), européen (projets NEARCTIS et EVATREN, rapports ECMT - Éditions OCDE ;
- la consultation d'Internet selon les requêtes suivantes « méthodes d'évaluation-impact trafic routier », « evaluation-road traffic management », « environmental traffic impact », etc...et en particulier les sites : <http://www.internationaltransportforum.org>, [Extr@web](mailto:Extr@web) et Knowledge Transport Management.

1 [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/esafety/doc/rtd\\_projects/fp7/festa\\_final\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/esafety/doc/rtd_projects/fp7/festa_final_report.pdf)  
<http://www.aide-eu.org>

2 Le terme système doit être compris au sens large de système technique et/ou organisationnel.

Nous nous sommes attachés à noter les apports critiques de ces études par rapport aux méthodes ou outils utilisés.

Le document fournit en annexe la description d'un inventaire de méthodes et outils utilisés dans l'évaluation d'impacts d'actions d'aménagement d'infrastructure, d'exploitation routière ou de gestion du trafic. En tout état de cause, nous ne revendiquons pas d'avoir réalisé une revue systématique ou complète.

## 2 - Les méthodes d'évaluation

### 2.1 - L'objectif de l'évaluation

Dans le domaine de l'exploitation routière, comme dans les autres, l'évaluation est une aide à l'élaboration, aux choix et à la vérification de la pertinence d'un projet qui doit permettre d'orienter les décideurs face aux attentes économiques et sociales de la collectivité.

C'est tout d'abord d'être une aide à l'élaboration des projets. Tout projet doit répondre à des objectifs fixés au préalable, qu'il s'agisse d'objectifs locaux ou particuliers au projet ou d'objectifs généraux, voire d'intérêt national. Il importe de fixer ces objectifs et d'évaluer l'intérêt du projet par rapport à ceux-ci. L'évaluation des projets doit également permettre de prendre en compte des intérêts différents ou contradictoires au sein de la collectivité de manière transparente en explicitant l'ensemble des avantages et des inconvénients du projet. L'intérêt des projets est évalué aux différents stades de leur élaboration : il s'agit alors d'éclairer les choix entre différentes alternatives.

Par ailleurs, l'évaluation préside à la décision de réaliser un projet et en particulier à l'acceptation de l'investissement par les financeurs.

Enfin, l'évaluation permet de vérifier que la réalisation et la mise en œuvre du projet répond aux objectifs initiaux.

### 2.2 - Les impacts attendus

La partie la plus importante, bien que subjective, du processus d'évaluation est peut-être celle qui consiste à déterminer quels impacts d'un projet doivent être mesurés. L'évaluateur doit déterminer ce que le projet vise à corriger ou améliorer, et indiquer comment on peut, en pratique, observer dans quelle mesure ces objectifs sont atteints. Cette réflexion doit être logique et intuitive. Elle suppose également que soit définie une situation avant-projet, appelée situation de référence ou état zéro, par rapport à laquelle sont comparés les impacts et bénéfices apportés par le projet.

Dans le domaine de l'exploitation routière, l'ensemble des impacts attendus ou observés par la réalisation d'un aménagement ou d'actions d'exploitation, concernent généralement les effets (ou certains effets) du projet sur la sécurité, sur l'environnement, sur le trafic, ainsi que sur le confort des usagers, etc.

L'impact attendu d'une mesure de sécurité routière est classiquement de diminuer le nombre d'accident et de réduire la gravité de leurs conséquences.

Dans le domaine environnemental, les impacts attendus sont plus complexes. Évaluer les impacts environnementaux nécessite dans l'idéal :

- d'estimer :
  - les niveaux de bruits produits

- la quantité des polluants atmosphériques par type concerné
- de déterminer comment les polluants se déplacent dans l'air et les réactions chimiques qu'ils peuvent avoir,
- de calculer les effets que les nuisances environnementales peuvent avoir sur les cibles (hommes, eaux, végétaux...).

L'ouvrage « les nuisances environnementales des transports- résultats d'une enquête nationale » présente les résultats d'une enquête nationale<sup>3</sup> visant à mieux comprendre les attentes des Français dans le domaine des nuisances environnementales et à évaluer l'acceptabilité de mesures publiques cherchant à limiter ces nuisances. Il a été réalisé par le Laboratoire transports et environnement de l'INRETS qui a mené, en 2005-2006, une enquête par questionnaire auprès de 2001 personnes représentatives de la population française métropolitaine dans le cadre d'un projet soutenu par le Predit et financé par l'Ademe. La pollution de l'air locale est le principal problème environnemental, devant le bruit et l'effet de serre, mais le bruit, notamment routier, reste la première nuisance au quotidien pour les Français.

Bien sûr, un projet peut aussi produire des avantages secondaires, et ceux-ci doivent être pris en compte dans l'analyse.

De fait, comme le précise le rapport cadre d'évaluation pour l'évaluation des interventions visant un meilleur usage des transports[] du département britannique des transports, il conviendrait de distinguer les résultats immédiats de l'action mise en œuvre des impacts à moyen et long terme qui mesurent une modification réelle de la situation d'origine, en particulier dans les domaines de la sécurité et de l'environnement.

## 2.3 - Les indicateurs

Pour mesurer les impacts d'un projet, il est nécessaire de définir, pour chaque type d'impact, des indicateurs qui soient pertinents réalistes et mesurables ou aisément estimables. On s'intéresse alors aux évolutions prévisibles ou réelles des indicateurs par rapport à leur valeur mesurée à l'état zéro ou situation de référence, comme mentionné précédemment.

Les indicateurs utilisés peuvent être classés en deux catégories principales :

- Le noyau dur constitué par des indicateurs dont on peut considérer qu'ils sont nécessaires pour l'évaluation de tous les projets d'exploitation et qui, en outre, sont généralement disponibles pour les principales infrastructures.
- Les indicateurs complémentaires, généralement nécessaires, pour établir ou mesurer les impacts des projets d'exploitation, mais qui ne sont pas toujours disponibles.

### 2.3.1 - Le noyau dur

Les indicateurs mentionnés dans les tableaux ci-après concernent les impacts liés aux conditions de trafic, à la sécurité et l'environnement. La présence des indicateurs relatifs aux conditions de trafic est

<sup>3</sup> Les nuisances environnementales des transports -résultats d'une enquête nationale. Lambert J., Philipps-bertin C. Rapport INRETS N°278

justifiée par le lien indubitable entre celles-ci et les impacts visés par l'opération SERRES, en particulier en matière d'environnement

Domaine d'impacts	Indicateurs	Données nécessaires	Commentaires par rapport à la situation française
Conditions de trafic	Variation des volumes de trafic	Débit Taux d'occupation Vitesse Longueur de section routière	Stations de comptage usuelles
	Variation des flux : <ul style="list-style-type: none"> <li>• annuelles,</li> <li>• mensuelles,</li> <li>• hebdomadaires,</li> <li>• heures de pointe</li> </ul>	TMJA TMJO Débit Taux d'occupation Vitesse	Stations de comptage usuelles (SIREDO généralement)
	Variation du % de PL	% de PL dans le trafic : TMJA, TMJO, par sens, par voie.	Stations de comptages ou comptages sur échantillon si non disponibles
	Variation de la composition du trafic	Répartition en % des trafics de transit, d'échange et interne.	Cartographie des O/D suivant les modes : en structure (chemins empruntés) et en volume (niveau de trafic)
	Évolution de la congestion	Volume des encombrements	Traitement des données issues des stations de comptage ou de relevés vidéo; des enquêteurs in situ peuvent aussi être utiles pour préciser les longueurs de bouchon.
	Variation des incidents cause de congestion	Nombre d'incidents	Main courante ou DAI
	Variation des temps de parcours	Temps de parcours moyen HdPointe, H creuses	Données floating mobile data (FMD) ou floating car data (FCD)
Sécurité	Variation du nombre d'accidents par type	Nombre d'accidents corporels, avec répartition en fonction de la gravité	Fichiers BAAC
		Nombre d'accidents matériels	Main courante
	Évolution de la localisation des accidents	Points d'accumulation d'accidents	Fichiers BAAC
Environnement	Évolution des niveaux sonores	Niveaux de bruit dans la zone étudiée : en DB, LAeq, et Lden	La connaissance du trafic (nbre de véh/h, % de PL) est considéré comme l'élément de base pour l'appréciation des nuisances sonores. Recensement national des points noirs du bruit + mesures sur terrain

	Évolution du parc de véhicule	Données nationales et constructeurs	Fiabilité moyenne
	Variation des niveaux de polluants atmosphériques	CO2, CO, NOx, PM 10 PM, 2,5	Stations de mesures de la qualité de l'air modélisation

### 2.3.2 - Les indicateurs complémentaires de sécurité

Une collecte et une analyse détaillées des données sont essentielles pour concevoir des stratégies de sécurité efficaces, fixer des objectifs réalisables, définir et établir les priorités d'intervention, ainsi que suivre l'efficacité des actions mises en oeuvre. Il s'agit de :

- la proportion de conducteurs circulant à une vitesse de sécurité adaptée à la route et aux conditions de trafic (mesurée par rapport à la limitation de vitesse) ;
- la survenue de certains types d'accidents ;  
les résultats des accidents graves par rapport aux caractéristiques de l'infrastructure routière.

La détermination des performances en matière de sécurité routière par la mesure des indicateurs de performances de sécurité sur un réseau est un élément important dans une approche d'évaluation et de suivi détaillés des risques.

Différents pays et différentes collaborations internationales (IRTAD, rapport SUNFlower et Observatoire européen de la sécurité routière, par exemple) ont cherché à établir et communiquer des indicateurs significatifs permettant de suivre les performances de sécurité d'un réseau routier.

Les indicateurs suivants contribuent à indiquer clairement les tendances relatives aux traumatismes routiers et les opportunités d'interventions :

- la médiane des vitesses (par catégorie de véhicule ou par zone géographique, urbaine ou rurale),
- les notes de sécurité des véhicules sur le réseau,
- les notes de sécurité des infrastructures,
- le respect du taux légal d'alcoolémie,
- les taux de port de la ceinture ou du casque.

Le nombre, la fiabilité et la qualité des données constituent une question essentielle.

Les accidents mortels, mais aussi les accidents avec blessés hospitalisés, sont des événements rares et aléatoires, en particulier lorsque les projets concernent des zones géographiques restreintes. L'interprétation de telles données sur une période temporelle courte est peu pertinente.

De plus la sous-déclaration éventuelle des victimes, en particulier pour les collisions de véhicules non motorisés en milieu urbain, est une limite supplémentaire.

L'OCDE préconisait en 2009 <sup>4</sup> de progresser dans le rapprochement des procès-verbaux d'accidents de la police et des comptes rendus d'hospitalisation, pour améliorer la qualité et la cohérence des données, notamment en ce qui concerne les accidents corporels graves. Cependant certaines données de contexte, telles que le nombre d'heures par semaine consacrées aux dépistages par éthylotest aléatoires ou encore le nombre d'heures par jour ou par semaine consacrées aux contrôles radars mobiles ne soient souvent pas facilement disponibles.

4 ZÉRO TUÉ SUR LA ROUTE : UN SYSTÈME SÛR, DES OBJECTIFS AMBITIEUX – ISBN 978-92-821-0197-1 © OCDE/FIT 2009

L'aspect humain constitue une des difficultés majeures de la mesure des effets et impacts des mesures de sécurité. Aucune connaissance n'est fournie à priori sur le comportement du conducteur. De nombreux facteurs accidentogènes sont directement liés aux automobilistes : l'inattention, une mauvaise perception de l'environnement, la fatigue, un malaise, l'assoupissement, l'alcool, les médicaments, les drogues, la réaction face au danger, etc.

### 2.3.3 - Les indicateurs environnementaux complémentaires

#### 2.3.3.a - Concernant la qualité de l'air

L'évaluation des niveaux de pollution à proximité des axes de circulation est un exercice complexe, compte tenu des nombreux facteurs à prendre en considération à cette échelle. Les concentrations en polluants enregistrées en bordure de voie dépendent en effet des émissions locales générées par le trafic automobile (dépendant elles-mêmes des conditions de circulation et de la composition du parc automobile), des paramètres influant sur la dispersion des polluants (météorologie locale et configuration de voirie) et des niveaux de concentration de fond des zones environnantes.

Cette évaluation passe néanmoins nécessairement par la quantification des émissions des différents types de polluants liées à la circulation routière, en fonction des flux de trafic, des conditions de circulation et des caractéristiques techniques des véhicules qui empruntent l'infrastructure.

Dans le cas de l'investissement, on se borne souvent à utiliser des données de trafic agrégées tels que le débit moyen journalier, la distance moyenne parcourue, la vitesse moyenne, etc. Une telle approche est insuffisante dans le cas de l'exploitation routière, car c'est l'évolution des conditions de circulation au cours de la journée ou de la période étudiée qui présente l'intérêt le plus important.

Il est donc nécessaire que les données valables soient particulièrement abondantes et variées. La réalité est cependant moins favorable aux ambitions exprimées ; cf. tableau ci-dessous :

Polluants	Commentaires
<b>PM 10 et 2,5</b> Poussières	Elles mériteraient d'être considérées comme un indicateur d'impact, malheureusement elles posent des problèmes importants de définition, de métrologie et de quantification.
<b>NO<sub>x</sub></b> (NO + NO <sub>2</sub> ) Oxydes d'azote	Ces gaz intéressent trois types importants de pollution : la pollution de proximité, la pollution photochimique et l'acidification. Ce polluant est actuellement considéré comme de plus en plus préoccupant. Il est parfaitement représentatif du transport routier
<b>CO<sub>2</sub></b> Dioxyde de carbone	Il est directement relié aux consommations de combustibles et de carburants. La quantification des émissions est aisée et précise.
<b>CO</b> Monoxyde de carbone	Il ne concerne que la pollution de proximité produite par le transport automobile urbain (véhicules à essence principalement).
<b>COVMH</b>	Ils mériteraient d'être considérés comme un indicateur

Composés Organiques Volatils Non Méthaniques	d'impact. Malheureusement les difficultés liées à la diversité des composés, à leur définition, à leur mesure et à leur quantification ne permettent pas de les retenir comme indicateurs d'impact.

L'Inventaire National Spatialisé (INS)<sup>5</sup>, mis en place en 2003 2002, concerne les émissions d'une quarantaine de polluants émis par toutes les sources recensées (activités anthropiques ou émissions naturelles). Le recensement complet des émissions de polluants atmosphériques, suivant une maille kilométrique et fondé sur des méthodologies qui privilégient l'utilisation de données spécifiques aux sources individuelles, devrait permettre de disposer d'une base de données améliorée.

De nombreux développements sont d'ores et déjà engagés par AIRPARIF afin de permettre une description renforcée des phénomènes de pollution atmosphérique en situation de proximité. L'objectif recherché est notamment d'accéder à la description des niveaux de pollution au pas de temps horaire. Ces développements complexes supposent la mise au point d'outils nouveaux (Sirane). Ils impliquent aussi la disponibilité renforcée de nombreuses données relatives à la description qualitative et quantitative du trafic en Ile-de-France. Cette étape est déjà bien amorcée grâce au projet Heaven qui permet d'ores et déjà de disposer d'une situation de trafic et des émissions associées sur les principaux axes de la région Ile-de-France en temps quasi réel.

Les émissions de NOx et de CO2 dans le secteur des transports sont liées aux consommations directes ou indirectes de combustibles fossiles. L'indicateur de consommation d'énergie fossile peut être quantifié par la consommation d'énergie finale (électricité, essence, gazole, gnv, gpl) basée sur la consommation de combustibles fossiles. Il apparaîtrait nécessaire d'ajouter un indicateur à fonction instigatrice et non directement lié à la pollution de l'air : la consommation d'énergie.

Cependant cet indicateur est difficilement mesurable ou estimable pour une portion d'infrastructure dans la mesure où elle est très dépendante du véhicule (âge, motorisation, tec...) et du comportement du conducteur). Il convient de souligner que les améliorations constantes apportées aux carburants et au traitement des gaz d'échappement, la modification progressive du parc automobile français vers une diésélisation croissante, amèneront à actualiser la liste de ces indicateurs en prenant en compte d'autres polluants qui s'avèreraient plus préoccupants dans l'avenir.

Enfin, on notera que pour certains effets quantifiables, il est difficile de donner une valeur monétaire. Les indicateurs décrits ici sont ceux pouvant affecter l'évaluation des coûts liés à la pollution :

- l'échelle d'analyse (pot d'échappement, l'intégralité du véhicule, le cycle de vie du véhicule) ;
- le type de carburant ;
- les taux d'émissions par véhicule (type de véhicule, âge et entretien, manière de conduire, les conditions du trafic, le fait que le véhicule soit froid ou non) ;
- localisation du véhicule et exposition au véhicule.

### **2.3.3.b - Concernant le bruit**

<sup>5</sup> Le Ministère de l'Écologie a entrepris la réalisation d'un inventaire national spatialisé des émissions de polluants dans l'air (INS), en France métropolitaine et dans les départements d'Outre-Mer. Ce travail a été engagé dans le cadre de la mise en œuvre du Plan « air » rendu public en novembre 2003 en relation avec le programme national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (arrêté du 8 juillet 2003).

La directive européenne 2002/49/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement a pour vocation de définir à l'échelle de l'UE une approche commune de ces nuisances basée sur une cartographie de l'exposition au bruit.

Le nombre de personnes exposées au bruit dans la zone routière considérée est toutefois un indicateur difficile à mesurer car les données disponibles sont peu nombreuses. et, lorsqu'elles existent, elles sont souvent difficile à comparer , en raison des différences d'approche méthodologiques des études sur le sujet de l'évaluation des impacts sanitaires sur les personnes exposées.

De plus, l'émission sonore et la dispersion du bruit dépendent du type de zone, de ses caractéristiques géographiques, du paysage et de sa topographie ; il convient de prendre ces aspects en compte dans la réalisation des mesures.

### 2.3.4 - Les résultats de l'analyse bibliographique

L'annexe 1 récapitule par catégorie les différents indicateurs relevés dans les rapports étudiés.

Quasiment tous les indicateurs sont des données quantitatives, mesurées au cours de l'évaluation (a posteriori) ou estimées (évaluation a priori). Dans la mesure où les impacts attendus sont pratiquement tous quantifiables, peu d'indicateurs qualitatifs mettent en avant l'usager, ses représentations, ses ressentis ainsi que la manière dont il s'imprègne du dispositif.

L'annexe A « Mesures de performance recommandées pour les projets STI » du rapport Élaboration d'une méthodologie-cadre pour l'évaluation des projets de systèmes de transport intelligents canadiens réalisé par ITS Canada et Delcan (Victor Bruzon et Richard Mudge) pour le ministère des transports du Québec en Mars 2007 précise les différents indicateurs retenus, en terme de sécurité et d'énergie -environnement, mais aussi de mobilité et d'efficacité) aux Etats-unis, en Finlande (projet Viking et en Suède (projet Pluto).

## 2.4 - Les principales méthodes

Le choix d'une méthode d'évaluation est toujours lié à une question de recherche implicitement ou explicitement exprimée ; questions elles-mêmes en liaison avec les objectifs et solutions techniques spécifiques. Il peut aussi être très dépendant des projets. Étant donné que l'évaluation est un outils d'aide à la décision, et que le temps et les moyens financiers sont limités, il est nécessaire que les études scientifiques sur le sujet permettent de décrire les paramètres en jeu, de les mesurer et/ou les estimer.

L'étape importante que constitue la prise de décision a introduit les concepts d'évaluation *a priori*, effectuée préalablement à la mise en œuvre du projet, et d'évaluation *a posteriori*, effectuée après la réalisation du projet, pour en mesurer les effets et vérifier le bien fondé des choix qui ont été faits initialement.

La figure 1 indique les principales méthodes utilisables au cours des différentes phases d'un projet. Il convient de noter que la phase conception ne concerne que les projets qui intègrent la réalisation d'un système technique.

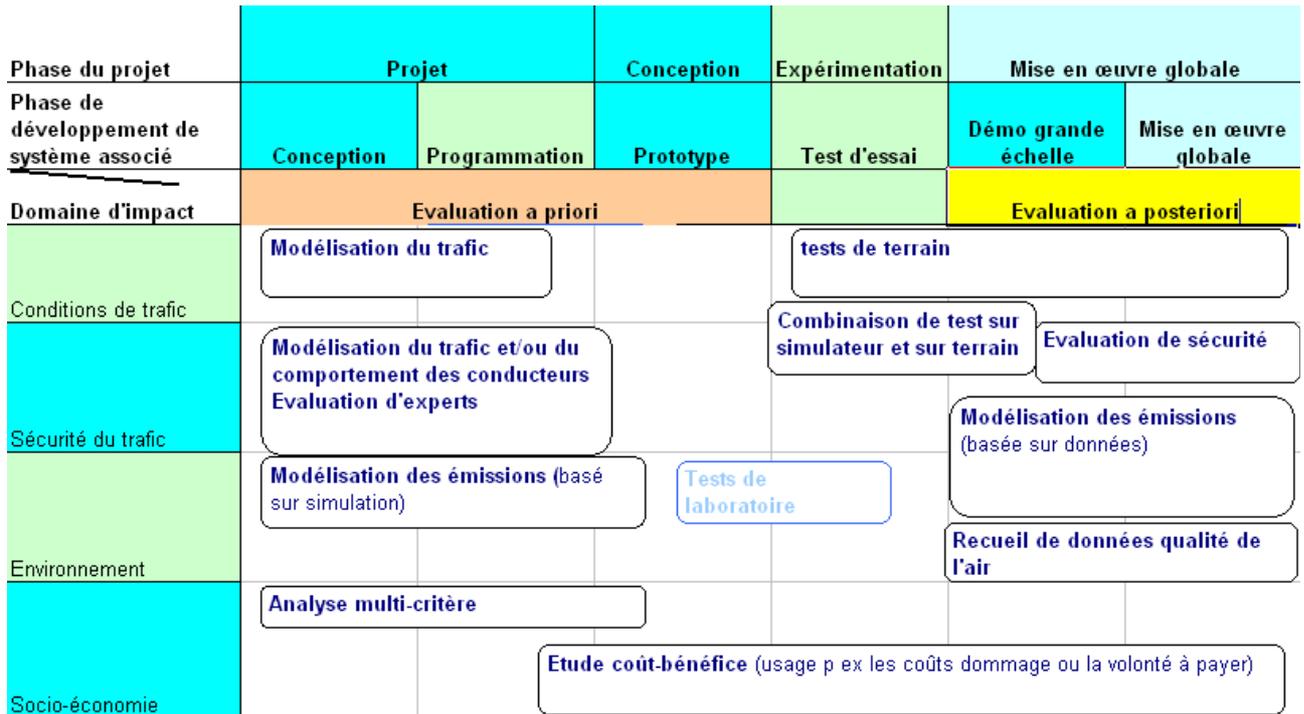


Illustration 1: Modes d'évaluation des différentes phases d'un projet

Ainsi les études d'évaluation qui servent évaluer les systèmes STI généraux et les systèmes coopératifs sont basées sur :

- des études de simulation/études basées sur des modèles: des applications à petite échelle ont été déployées dans la cadre du projet CVIS;
- des études de simulateurs de conduite (visant à tester l'interaction avec l'interface homme-machine, par exemple);
- des essais opérationnels de terrain;
- des études basées sur des questionnaires: par exemple, celles destinées à évaluer l'acceptation par les utilisateurs (sur de petits panels) dans le cadre du projet CVIS.

### 2.4.1 - Les méthodes d'évaluation a priori

Le processus d'évaluation *a priori* consiste à comparer la situation théorique des indicateurs pour un instant t après la mise en œuvre du projet avec la situation des mêmes indicateurs dans l'hypothèse où le projet n'est pas en place (situation au fil de l'eau).

La difficulté consiste à faire des hypothèses sur l'évolution « naturelle » de la situation (en terme de demande de trafic, d'évolution des véhicules sur le plan technique, sur l'évolution du contexte du réseau routier. Pour la mesure d'effets attendus dans un délai court, cette difficulté est bien sûr moindre.

Les « évaluations » a priori concernent principalement des études de simulations et de modélisations.

Dans la démarche d'une évaluation a priori, l'on cherche à avoir une représentation la plus proche possible d'une réalité future en fonction de paramètres et de variables que l'on fait évoluer dans le temps. Cette démarche, bien que nécessaire pour appréhender la manière dont peuvent évoluer la sécurité, les

conditions du trafic, les atteintes à l'environnement, ne doit cependant pas s'effectuer seule ni s'imposer comme une vérité intangible.

En effet, la démarche de simulation (et/ou modélisation) doit se comprendre comme complémentaire à une démarche expérimentale et/ou une « évaluation » a posteriori, ou au fil de l'eau. Cette complémentarité est nécessaire et doit permettre de réajuster les paramètres du modèle utilisé. En conséquence, il faut garder à l'esprit le fait qu'un modèle ne reflète pas systématiquement la réalité future. En effet, dans les documents que nous avons répertoriés, l'on se rend compte que les résultats obtenus par un modèle peuvent varier considérablement en fonction de la manière dont les paramètres initiaux sont rentrés dans le modèle. De plus, les résultats peuvent varier du simple au triple selon que l'on utilise un modèle ou un autre.

## **2.4.2 - Les méthodes d'approche par tests expérimentaux**

Ces méthodes recouvrent part les tests sur simulateurs de conduite, les tests sur sites protégés et les tests en grandeur réelle avec un panel de conducteurs volontaires. Ces derniers, souvent appelées FOT (Field operational Tests), se développent particulièrement dans le cadre de l'évaluation des systèmes (et véhicules) de transports intelligents.

### **2.4.2.a - Les tests sur simulateurs**

Les simulateurs de conduite permettent d'immerger un conducteur dans un réseau routier virtuel visuellement réaliste, tout en lui donnant la possibilité de conduire de façon interactive un véhicule.

La pratique de la conduite en environnement réel restera indispensable car elle génère des émotions et des ressentis qu'il sera difficile de décrire dans un monde virtuel. Cet aspect émotionnel est pourtant un facteur important dans la prise de décision, en particulier en matière de situation accidentogène.

### **2.4.2.b - Les tests expérimentaux**

Le choix du panel de conducteurs est un élément sensible de cette méthode.

Certaines autres limites de cette approche, relevées dans la littérature, sont présentées ci-après :

- Il est possible que le caractère expérimental de l'évaluation ait une influence directe sur les résultats de l'intervention ; lorsque des individus ou des institutions sont sciemment assignés à une activité, ils sont conscients de leur contrôle, ce qui peut modifier leur comportement . Dans ce cas il peut être difficile de démêler les effets de la méthode d'évaluation de celle de l'action ou du système testé. Une des approches permettant efficacement de surmonter cette possible influence serait d'utiliser la méthode à l'aveugle en évitant de divulguer qui est dans quel groupe, mais ceci est rarement possible dans la réalité des activités routières.
- Cette approche ne fournit pas de preuve pour expliquer pourquoi l'intervention a réussi (ou non) à atteindre ses objectifs ou pourquoi certaines personnes bénéficiant de l'intervention ont réagi différemment d'autres. Ces deux questions peuvent être importantes pour les responsables de la mise en œuvre ou la prestation d'initiatives futures.  
En outre, les éléments de preuve ne fournira pas de compréhension des effets inattendus ou les effets de report causés par la mise en œuvre du projet, par exemple, le report du trafic vers un autre itinéraire pour éviter une sujétion particulière sur la route.

- Utiliser les résultats d'une seule évaluation expérimentale pour en déduire ce qui se passerait si l'action était étendue à une population plus large n'est pas toujours approprié. Les résultats de l'évaluation sont spécifiques à un contexte particulier, contexte ou période de temps, et pourraient ne pas être transférables à d'autres situations. Toutefois, il est possible de faire des généralisations à partir de éléments de preuve recueillis à partir d'un certain nombre d'évaluations de l'actions dans différents contextes.
- Sur le plan de la sécurité, les modèles expérimentaux, qui ont notamment des conséquences financières et éthiques, ont pas tendance à être adaptée à tous types de projets d'intervention.

### **Le projet FESTA**

Le projet européen FESTA (Field opERational teSt support Action), financé par la Direction générale « Société de l'information et médias » de la Commission européenne, s'est déroulé de novembre 2007 à juillet 2008. Son objectif était de développer une méthodologie commune pour la conception et la réalisation de FOT (Field Operational Tests) en Europe. Les FOT constituent une méthode très élaborée de test des STI (Systèmes de Transport Intelligents), utilisant des véhicules instrumentés et servant à déterminer comment les conducteurs utilisent les systèmes d'assistance au conducteur, quels sont leurs effets à court et long terme, et comment la performance de ce type de système peut être optimisée. Concrètement, il s'agit d'expérimentations de terrain à grande échelle, visant à évaluer une technologie ou une fonction de STI. Alors que les nombreux FOT menés auparavant avaient permis d'identifier les effets à la fois positifs et négatifs des STI, il restait à mettre l'accent sur l'amélioration de la conception et de l'implémentation de ces FOT. Au sein du projet FESTA, le LESCOT était en charge de la tâche WP2.5, qui avait pour objectif de développer un plan d'implémentation de FOT (FOT Implementation Plan - FOTIP) pour la planification et la conduite de FOT en Europe.

L'objectif étant de concevoir un guide aussi détaillé que possible, tout en restant générique, le FOTIP a été conçu comme une checklist répertoriant plusieurs types d'informations permettant de concevoir et de réaliser des FOT.

#### Résultats

La revue de la littérature a permis d'identifier les facteurs communs aux FOT précédemment menés, ainsi que les informations particulièrement pertinentes concernant les défauts d'exécution, les problèmes non anticipés, ainsi que les mesures mises en place pour y remédier ; par exemple, l'aspect planification était peu évoqué. L'étude réalisée a permis d'identifier un ensemble d'actions concrètes « à faire » et « à ne pas faire » pour mettre en œuvre des FOT, les activités et les tâches associées et les points clé indispensables au succès d'un FOT en termes à la fois scientifique, technique et administratif. Les activités identifiées ont été réparties en quatre groupes correspondant aux phases communes du cycle de vie des projets FOT : initiation/conception, préparation, recueil de données et achèvement.

Les travaux réalisés par le réseau NEARCTIS indiquait dans le Livrable 6 qu'il pourrait «être nécessaire d'élaborer des bancs d'essai ou des pistes d'essai où les nouveaux développements dans les domaines spécifiques des systèmes de transport intelligents liés à l'optimisation du trafic pourraient être testés et comparés dans des conditions gérées sous contrôle.

### **2.4.3 - Les méthodes d'évaluation a posteriori**

L'évaluation *a posteriori* consiste à comparer la valeur des indicateurs à l'instant  $t$  après la mise en œuvre du projet, avec d'une part leur valeur au moment  $t_0$  de la situation de référence et leur valeur es-

timée dans l'hypothèse où le projet n'est pas mis en place. La difficulté mentionnée pour l'évaluation a priori de « caler » la situation au fil de l'eau se retrouve ici.

La revue de la littérature révèle que la méthode d'évaluation avant/après doit être réalisée avec d'importantes précautions. En effet, il faut respecter les mêmes conditions durant les deux phases d'observation pour que les indicateurs mesurés et les données enregistrées soient significatives par rapport à la problématique posée. Si les conditions ne sont pas les plus similaires possibles, il sera difficile d'apprécier l'impact qu'a la mise en place du projet. On retrouve cette préoccupation dans de nombreux documents ; des conditions dans lesquelles se déroulent les phases de mesures et d'enregistrement découlent leur pertinence.

De plus, quand bien même les conditions seraient similaires (ou le plus possible), il serait trompeur de penser que le changement observé soit la conséquence directe de la mise en place du dispositif. En effet, l'idée d'un changement linéaire et causal n'est pas avéré. Il ne faut pas oublier de prendre en compte que le dispositif interagit avec son environnement et que ce même environnement varie en fonction de nombreux paramètres. Nous avons donc à faire avec une logique systémique que l'évaluation avant/après ne doit pas perdre de vue.

Cette approche doit également permettre une meilleure compréhension des interactions entre le dispositif mis en place et le comportement des usagers (c'est-à-dire l'environnement direct auquel est confronté le dispositif). Cette meilleure compréhension, participant à une évaluation cognitive, permet de réajuster le dispositif et de le corriger si les objectifs ne sont pas atteints.

Par exemple, les dispositifs de régulation dynamique et de gestion de trafic visent à produire du changement dans les comportements des usagers de la route. Par conséquent, avant la mise en place d'un dispositif, il faudrait dans un premier temps comprendre le fonctionnement des usagers sur la section sur laquelle le dispositif va se mettre en place. Une fois ces comportements révélés, l'idée est de les influencer afin de produire un changement. En conséquence, il est intéressant qu'une évaluation sur un dispositif de régulation dynamique ou de gestion de trafic prenne en compte le ressenti des usagers afin de connaître la manière dont ils le jugent.

Plusieurs méthodes d'analyse avant-après peuvent être employées pour apprécier l'effet d'une intervention visant à améliorer la sécurité :

- Avant-après simple ou naïve,
- Avant-après avec groupe témoin,
- Avant-après avec l'approche empirique de Bayes,
- Avant-après avec l'approche bayésienne complète,
- Modèle de régression.

Dans le cas des systèmes de contrôle de la vitesse, les meilleures méthodes sont celles qui tiennent compte de la régression vers la moyenne des accidents et de la migration des accidents vers d'autres endroits de contrôle. Une description de ces phénomènes et une présentation détaillée des cinq méthodes sont données à l'annexe 2 du document « rapport d'évaluation du projet pilote-CINÉMO-MÈTRES PHOTOGRAPHIQUES ET SYSTÈMES PHOTOGRAPHIQUES DE CONTRÔLE AUX FEUX ROUGES de la Direction de la sécurité en transport du ministère des Transports du Québec.

#### **2.4.4 - Les résultats de l'analyse bibliographique**

Les études d'évaluation examinées ont été jugées quelque peu inégales et hétérogènes en terme d'objectifs déclarés, de méthodes, d'indicateurs utilisés et de résultats sélectionnés. Un certain nombre d'études axées sur l'évaluation de mesure isolée dans un environnement routier relativement isolé ne

sont pas particulièrement pertinentes pour l'évaluation des problèmes complexes qui se posent dans la pratique. C'est en particulier le cas des études du livrable 7 de Nearctis intitulé "Review of available case studies and related scientific knowledge"<sup>6</sup>.

Il est difficile de synthétiser les conclusions en termes simples à l'aide de paramètres communs. Toutefois, nous avons tenté, dans toute la mesure du possible, de mettre en évidence des points particuliers.

La revue de la littérature met en évidence que :

- D'une manière générale, des efforts considérables sont faits pour évaluer l'impact du transport sur l'environnement. Mais les conséquences sur l'environnement sont différentes et ne s'apprécient pas de la même manière. Les paramètres ne sont donc pas directement transposables et il convient de les réajuster dans chacun des cas étudiés.
- Un défi majeur posé à l'évaluation d'un projet est de réunir un échantillon de données suffisant. La collecte de données devrait débuter le plus tôt possible, de préférence avant la mise en œuvre du projet. Souvent, on ne pense à l'évaluation que pendant ou après sa mise en œuvre. Une évaluation précise est alors difficile, en raison de données manquantes ou peu fiables sur la situation *avant*.
- la comparaison de scénarios peut s'avérer difficile pour plusieurs raisons :
  - la juxtaposition d'infrastructures relevant de plusieurs gestionnaires ;
  - des effets cumulatifs peuvent s'ajouter aux effets individuels
  - le calendrier de mise en place des mesures peut entraîner des effets décalés dans le temps, en particulier sur l'environnement .
- les raisons des limites des évaluations réalisées sont rarement précisées ;
- les évaluations réalisées visent plus à mesurer les effets de la mise en œuvre du projet que ses impacts à moyen terme.

Il convient de signaler (Cf; fiches de lectures) que :

- le ministère des transports du Québec a fait élaborer en 2007 une méthodologie - cadre pour l'évaluation pour l'évaluation des projets de systèmes de transport intelligents canadiens. La méthode met l'accent sur la description du projet et de ses avantages, et sur l'élaboration de critères pour l'interprétation des résultats. L'évaluation se compose de quatre étapes : planification de l'évaluation, collecte de données, analyse des données, et recommandations et rapport. Le rapport décrit chaque étape en détail, y compris les obstacles habituellement rencontrés.
- L'agence des autoroutes britanniques a défini la méthode et les outils à utiliser pour mesurer les impacts sur la qualité de l'air des projets d'investissement et d'aménagements des voies gérées par l'agence, quelque soit l'importance de ceux-ci.

6 Chaque chapitre du livrable D7 se réfère à un type d'action et les sections de chaque chapitre se réfèrent à des études de cas présentées, autant que possible selon la structure suivante :

- Objectifs (généraux et spécifiques) ;
- Description physique ;
- Algorithme utilisé (brève description) ;
- Impact (efficacité, environnement, sécurité) ;
- Aspects socio-économiques (acceptation par les utilisateurs, coûts-avantages, etc) ;
- Déploiement (où / quand raisonnable, le déploiement en cours, etc) ;
- Les problèmes et les leçons apprises ( points de vue des opérateurs / autorités, synthèse) ;
- Possibilités d'avenir et les perspectives;
- Références.

## 3 - Les méthodes de mesure

### 3.1 - Les méthodes de mesure

La collecte des données d'évaluation doit se faire le plus simplement et le plus économiquement possible. Les principales méthodes de collecte des données sont les suivantes:

- **Observations sur le terrain** : Des observations sur le terrain sont nécessaires pour certaines mesures, comme le nombre d'accidents, ou lorsqu'on ne dispose pas d'un dispositif automatisé de collecte des données (p. ex., pour obtenir les données de vitesse à un endroit précis).
- **Dispositifs automatisés de collecte des données** : Idéalement, les dispositifs de collecte de données sont partie intégrante du projet, ce qui assure un flux continu de données, après (et, parfois, avant) la mise en service du système. Il est alors facile d'observer les impacts du projet au fil du temps.  
**Simulations** : Les simulations sont utiles à trois égards : pour estimer des données avant la réalisation d'un projet, pour produire des données à utiliser dans une évaluation qui a été planifiée après la mise en oeuvre d'un projet, ou pour obtenir des données lorsque la collecte directe de données est impossible.
- **Sondages** : Les sondages sont nécessaires pour mesurer la satisfaction des usagers ou d'autres attributs comportementaux reliés à un projet. Bien que des avantages comme la « satisfaction » et la « convivialité » soient difficiles à quantifier en termes pécuniaires, la satisfaction de la clientèle est devenue une mesure qualitative très importante de la perception et de l'acceptation de projets par le public. Les sondages sur la satisfaction de la clientèle permettent de recueillir des données précieuses, qui peuvent servir à titre de rétroaction, tant avant qu'après la mise en oeuvre d'un projet.

### 3.2 - Les logiciels de modélisation

Les outils à disposition sont relativement nombreux ; ils diffèrent selon leur finalité, mais aussi selon les pays. Certains d'entre eux sont présentés en annexe 2.

Nb : nous excluons ici les logiciels essentiellement tournés vers l'analyse macroscopique des effets induits par de nouvelles infrastructures, type ARIANE ou certaines versions de TRANSCAD.

#### 3.2.1 - Finalité globale

L'évaluation des effets, quelle que soit l'échelle à laquelle on se place, est théoriquement toujours possible en utilisant un processus de modélisation. Cependant, les logiciels ayant comme finalité de contribuer à une évaluation globale d'une action d'exploitation routière sont rares et limités à des zones très restreintes, ce qui est explicable par la complexité des impacts de ces actions ; la modélisation est encore absolument insatisfaisante à l'échelle locale ou régionale et fait encore l'objet de travaux de recherche et de développement à l'échelle globale.

COBA ([www.dft.gov.uk](http://www.dft.gov.uk) / stratégie / cobra) est un programme informatique du ministère britannique des Transports, distribué par TRL. Il évalue les effets d'actions d'amélioration des routes, en termes

de temps, d'exploitation des véhicules et du coût des accidents pour les utilisateurs du réseau routier. Les modifications du coût d'utilisation sont comparés avec les coûts de construction et d'entretien pendant la période d'évaluation. Les entrées du modèle sont les régimes des flots de trafic avec et sans l'intervention à évaluer ainsi qu'une description géométrique détaillée des liaisons du réseau et des carrefours. Selon les informations du département des transports britanniques, COBA est approprié à l'évaluation économique des interventions d'aménagement de route qui sont réputées ne pas affecter le comportement de l'usager en temr de décision de voyage.

### **3.2.2 - Modélisation du trafic routier**

Les simulations de trafic sont utilisées dans le domaine des systèmes de transport intelligents . Plusieurs auteurs [Yang et Koutsopoulos, 1996, Herviou et Maisel, 2005, 2006, Barcelo et al., 2003, Ehler et Rothkrantz, 2001] proposent ainsi des simulateurs de trafics qui permettent de tester des algorithmes de gestions de trafic "intelligent" .

La simulation de trafic peut également être utilisée dans le cadre de l'analyse des accidents et de la reconstitution du déroulement de ceux-ci. Plusieurs auteurs [Felez et al., 1998, M. Ambroz et Prebil, 2005] proposent ainsi des outils qui permettent de dégager les scénarii les plus probables d'un accident.

Ces logiciels sont classables en deux catégories : modélisation dynamique ou statique ; leur utilisation vise, plus particulièrement, soit une simulation de l'écoulement du trafic, soit une simulation de l'évolution du trafic en fonction de matrices origine - destination (O-D).

Le SETRA a piloté, en 2010, une étude comparative des différents logiciels, de leur domaine d'application et de leur limites.

La modélisation associée à la dynamique du trafic routier peut se faire à différentes échelles : on distingue ainsi des modèles de description microscopiques (particulaires), mésoscopiques (cinétiques) et macroscopiques (dynamique des fluides).

Différentes solutions existent pour la génération de trafic routier. Nous distinguons :

- . le modèle temporel utilisé : il peut être discret ou continu,
- . le niveau de détail ou granularité de simulation : il peut s'agir de la simulation du conducteur et de son véhicule ou de la simulation du couple conducteur-véhicule ou encore de la simulation d'un ensemble de véhicules,
- . les modèles mathématiques sous-jacents : stochastiques ou déterministes.

L'intérêt des mathématiciens appliqués pour ce sujet a considérablement augmenté ces dernières années.

Les modèles de trafic généralement utilisés pour l'estimation des nuisances environnementales sont majoritairement des modèles statiques. Ils considèrent le flux comme homogène, de débit et de vitesse constants sur des périodes temporelles assez longues (heures statistiquement représentatives, journée, année). Ces modèles ne sont pas capables de représenter les phénomènes dynamiques se produisant dans le flux de trafic (apparition et propagation de zones de congestion, variations spatiales et temporelles des débits et des vitesses, . . .).

#### **3.2.2.a - Leurs limites**

Ces modèles intègrent rarement la dimension humaine du conducteur.

Le projet **DIFFERENT** vise à mesurer l'acceptation des utilisateurs de la route de régimes de tarification différenciée. Basé sur l'analyse de la circulation routière et des enquêtes sur de perception, les effets de la tarification différenciée sur le transport routier de voyageurs et de fret ont été examinés en termes de catégorie de véhicule, moment de mise en œuvre, niveaux d'émission et d'échelles d'application.

En outre, l'effet à long terme de taxation différenciée est abordé.

Dans les sous-projets **DIFFERENT**, certaines limitations sont identifiées dans l'approche de la modélisation du comportement des usagers de la route. Les modèles mettent généralement l'accent sur les perspectives des voyageurs individuels (par exemple le choix, le coût et le temps), perspectives ne provenant pas de décisions des fournisseurs ou des gestionnaires routiers, des opérateurs de transport public, ferroviaire et des compagnies aériennes. En outre, le temps n'est pas modélisé de façon exogène dans l'étude de cas, en d'autres termes, le choix du temps de départ et les différenciations des choix à travers différentes périodes de la semaine et l'année ne sont pas suffisamment pris en compte.

L'optimisation et le contrôle de la gestion du trafic conduisent à mettre en place une surveillance systématique, ponctuelle ou générale, de la circulation, via des systèmes de gestion basés sur des algorithmes de contrôle sophistiqués eux-mêmes, soumis à une évolution continue, dans laquelle sont développées des méthodes nouvelles, plus efficaces, plus simples, plus fiables ou des méthodes plus ciblées.

### 3.2.2.b - Les travaux futurs

Les besoins futurs en modélisation du trafic pour la gestion coopérative du trafic sont susceptibles d'inclure:

- des modèles de trafic qui concernent la technologie avancée de véhicule :
- des modèles de communication et de circulation de l'information pour du V2X ;
- des modèles de comportement des utilisateurs à qui sont livrés différents niveaux d'information;
- des structures de modèles du couplage entre le trafic, l'information et les usagers.

#### **Projet iTetris**

Financé par la Commission européenne, le projet iTETRIS a pour objectif de créer une plateforme de simulation de circulation et de communication avec les véhicules à la fois globale, durable et ouverte. Elle doit permettre d'évaluer des solutions TIC coopératives pour la gestion de la mobilité, sur une grande échelle, de façon précise et en tenant compte de différents paramètres.

iTETRIS est dédié au développement d'outils avancés qui combinent des simulateurs de circulation et de communication sans fil. L'analyse informatique à grande échelle qui en découlera doit permettre de fournir un outil d'appui valide aux autorités routières municipales et un premier aperçu du potentiel des systèmes coopératifs.

Il sera possible de réaliser des simulations avec iTETRIS sur des agglomérations, de longues échelles de temps et un grand nombre de véhicules, afin d'évaluer les applications (ou jeux d'applications) de systèmes coopératifs potentielles. En supposant qu'une ville donnée dispose déjà de technologies de systèmes STI coopératifs, l'outil développé par iTETRIS pourra être utilisé pour des mesures d'optimisation.

www.ict-itetris.eu

### 3.2.3 - Sécurité

Les logiciels utilisés dans les simulateurs de conduite peuvent intégrer :

- des outils de photogrammétrie pour restituer au plus près l'environnement perçu par le conducteur ;
- des modèles de trafic ;
- des données comportementales des conducteurs.

Les simulateurs se distinguent par deux types d'approches :

- l'approche par scénarii. Celles-ci rendent possible la définition de situations qui doivent se produire et offre par cette voie un outil intéressant pour l'étude des réactions de conducteurs face à une situation donnée.
- Les approches microscopiques considèrent le trafic comme le résultat des interactions entre les différents conducteurs virtuels qui le compose : il devient possible d'interagir avec ce trafic ; l'utilisateur est considéré comme un conducteur autonome au même titre que les autres conducteurs virtuels. Les modèles analytiques microscopiques sont cependant mal adaptés à la génération d'un trafic hétérogène. De plus, la modélisation réduit le conducteur à une tâche d'asservissement de la vitesse et de la position.

Des approches moins analytique tentent de palier à ces problèmes. Certaines proposent des modèles ad-hoc visant à répondre à un problème donné, tandis que d'autres s'intègrent dans un framework de conception cognitif. Les modèles deviennent de plus en plus complexes et par conséquent de plus en plus difficilement "adaptables" à un modèle informatique. Ces approches semblent pourtant être les plus intéressantes pour la génération d'un trafic (ex : simulateur ARéViRoad). L'inconvénient majeur de ce type d'approche réside dans le coût en terme de temps de calcul, car chaque entité du trafic doit être simulée. Le nombre d'agents présents dans la simulation va, par conséquent, dépendre du niveau de simulation du comportement du conducteur autonome et donc de l'application visée.

Les modèles de conducteurs sont de deux types : les modèles d'analyse de la tâche de conduite, les modèles de gestion du risque.

- Les modèles d'analyse de tâches se concentrent sur les actions des conducteurs suivant une démarche taxinomique : ce qu'il perçoit, ce qu'il fait. Ces modèles n'identifient pas directement le processus de prise de décision : il est inclus et diffus dans les différentes parties qui constituent le modèle d'analyse de tâches.
- Les modèles de gestion du risque ont tenté de palier aux lacunes des modèles d'analyse de tâches en s'efforçant d'expliquer le comportement des conducteurs plutôt que de le décrire.

ARCADY (Assesment of Roundabout Capacity and DelaY - évaluation de la capacités et des files d'attentes d'un rond-point) a été développé au cours des 30 dernières années par UK's Transport Research Laboratory (TRL). ARCADY est un outil pour concevoir de nouveaux ronds-points et évaluer les effets de modification des giratoires qui existent. Il est utilisé pour prédire les capacités, les files d'attente, les retards et risques d'accidents dans les carrefours giratoires. Il lie les données géométriques intrinsèques du giratoire aux données comportementales des conducteurs.

### 3.2.4 - Environnement

#### 3.2.4.a - Émissions de polluants

Les outils disponibles se différencient entre :

- ceux qui permettent d'estimer la consommation et qui à partir de ces résultats quantifient les principales émissions, et parmi lesquels nous distinguons ;
  - Modèles macroscopiques discrets basés sur une classification des états du trafic (COST, ARTEMIS, COPERT). L'approche requiert uniquement de connaître le type du réseau.
  - Modèles macroscopiques continus basés sur la vitesse moyenne des véhicules (MOBILE, COPERT, NAEI, EMFAC).
  - Modèles mésoscopiques (COPERT, Smit et al.). Il s'agit généralement d'extensions de modèles macroscopiques, basés sur une estimation des densités des vitesses des véhicules.
  - Modèles microscopiques basées sur des performances individuelles agrégées sur des cycles (VERSIT, Rapone et al., SIMULCO).
  - Modèles microscopiques basées sur des performances individuelles instantanées (Joumard et al., VT-MICRO).
- ceux basés sur de la simulation aérodynamique et orientés vers l'étude de la dispersion des polluants (ADMS, STREET, ARIA Impact, Fluidyn Panroad, Polair, ou Express'air (plus particulièrement dédié aux tunnels).

Leur limites :

Globalement, le taux de dispersion des émissions est extrêmement variable selon la substance considérée, ainsi que selon la configuration du calcul. La méthodologie de calcul est parfois mal maîtrisée pour certains polluants, peu classiques et pour lesquels l'ordre de grandeur n'est pas toujours bien déterminé. Certains modes de transports (2-roues), mal connus, et certaines contributions (surémissions à froid) ne sont pas systématiquement pris en compte malgré leur contribution ponctuellement importante.

Plus précisément :

- les modèles macroscopiques sont faciles d'utilisation (car basés sur la nature du réseau ou la vitesse moyenne) mais ils ne sont pas toujours suffisamment précis et permettent difficilement d'évaluer l'impact de stratégies de régulation modifiant les aspects cinétiques des flux ;
- les modèles microscopiques permettent de rendre compte précisément des niveaux d'émissions mais ils requièrent des données fines (performances instantanées des véhicules) peu accessibles.<sup>7</sup>

L'idéal serait donc de pouvoir utiliser un modèle macroscopique en apportant des connaissances sur les propriétés d'écoulement des flux de trafic.

Les recherches en cours :

Les travaux actuels du laboratoire Ville Mobilité Transport de l'ENPC qui supposent que la vitesse moyenne est un mélange de deux modes apparaît être un compromis raisonnable permettant un gain de précision significatif.

---

7 AGUILÉRA, V. et TORDEUX, A. - ENPC- laboratoire Ville Mobilité Transport (2011)

Les perspectives de travail de ce laboratoire sont de :

- Développer une méthodes d'estimation statistique des paramètres du modèle ;
- Confronter les estimations à des données réelles et évaluer l'apport de la démarche :

### 3.2.4.b - Pollution sonore

En matière de modélisation de la propagation des nuisances liées au bruit, de nombreuses méthodes plus ou moins complexes peuvent être appliquées.

De façon générale, en champ libre, l'intensité des ondes sonores décroît exponentiellement en fonction de la distance. En termes de décibel, une réduction de l'intensité sonore de moitié correspond à une diminution de 3 dB(A). Cette diminution est obtenue en doublant la distance à l'axe étudié.

Dans la pratique, de nombreux paramètres modifient cette décroissance exponentielle de l'intensité sonore. L'ensemble des objets solides du territoire modifie la propagation des ondes sonores, d'une part en les interceptant et d'autre part en les réfléchissant.

Les méthodes utilisées pour estimer le bruit routier se basent sur un trafic routier considéré comme un flux stationnaire caractérisé par des débits horaires et des vitesses moyennes plus ou moins uniformes par voie ou au moins par section de voie.

le modèle actuellement utilisé en France est la méthode NMPB (Nouvelle méthode de prévision du bruit) qui prend en compte la propagation du son (réflexion, absorption et diffraction) pour des conditions homogènes, ainsi que l'influence de la météo.

Leur limites :

1. En urbain, la définition du modèle physique des rues (topographie + volumes des bâtiments + obstacles) et la modélisation de la propagation des ondes sont lourdes et complexes.
2. Comme le montre L. Leclercq [], « ces méthodes ne sont pas capables d'estimer précisément les répercussions de sinularités spatiales ».

Les recherches en cours : **PLATEFORME SYMUBRUIT / SYMUVIA**

Le LICIT (ENTPE / INRETS) et le LTE (INRETS) collaborent depuis une dizaine d'années à la conception de l'outil SYMUBRUIT, qui a l'avantage de s'appuyer sur une représentation dynamique de l'écoulement du trafic. Le logiciel consiste en un couplage entre le modèle dynamique d'écoulement du trafic SymuVia, développé au LICIT, et les lois d'émissions des véhicules développées au LTE . Le modèle a récemment été couplé au modèle de propagation MITHRA développé au CSTB, ce qui rend possible l'estimation pas de temps par pas de temps (typiquement 1s) des niveaux de bruit le long d'un cours urbain. Il est ainsi possible d'évaluer des stratégies de régulations du trafic selon des aspects environnementaux.

Le logiciel peut également être associé aux logiciels de visualisation Symuplayer et de post-traitement Symuplot, ce qui rend possible l'analyse et la visualisation du comportement des véhicules (déplacement trajectoire, vitesses) et des émissions acoustiques.

De prochaines extensions sont prévues pour permettre de réaliser des études d'aménagements de voirie ou de régulation du trafic en intégrant à l'analyse de l'efficacité du système de transports et des impacts environnementaux (bruit, pollution de l'air, CO<sub>2</sub>, consommation énergétique). Ces travaux demandent au préalable que les questions de recherche concernant le couplage de lois d'émissions de polluants et de consommations énergétiques avec une représentation dynamique du trafic soient résolues.



## 4 - Les outils d'analyse des résultats

Les analyses des résultats doivent permettre aux décideurs de se prononcer sur le projet. L'évaluation se base couramment sur le calcul économique pour pouvoir juger de l'utilité et de la rentabilité d'un investissement par rapport à d'autres poursuivant les mêmes objectifs. Il existe des outils d'analyse économique classiques pour convertir en mesures agrégées les données de coûts et d'avantages obtenues aux étapes antérieures. Ils se répartissent selon deux approches principales : l'une clairement unicritère, basée sur la théorie des surplus, et l'autre, d'inspiration multicritère, fondée sur l'énumération et la quantification d'une grande quantité d'impacts.

### 4.1 - L'analyse coûts -bénéfices (ACB)

L'analyse coûts – bénéfices est le processus qui consiste à évaluer les coûts totaux attendus d'un projet au fil du temps, par rapport aux avantages totaux attendus au fil du temps. L'histoire de l'analyse coûts-bénéfices montre comment ses origines remontent sur le plan théorique aux problèmes posés par l'évaluation des infrastructures en France au XIX<sup>ème</sup> siècle.

#### *ACB et sécurité*

Il existe deux principales approches de l'évaluation économique des mesures de sécurité : le capital humain et le consentement à payer. Ces approches et leurs éléments de coûts ont été examinés dans l'étude COST 313 (Commission européenne, 1994) et à la table ronde CEMT 117 (CEMT, 2001).

- L'approche du capital humain est probablement la méthode la plus largement utilisée. Elle comprend l'évaluation des dommages en termes d'impact économique et accorde de la valeur aux manques à gagner et aux coûts de rétablissement (par exemple, traitement médical et réparation des dommages matériels). Ces coûts en capital humain peuvent être déterminés à partir des données des comptes nationaux en calculant le potentiel de production perdu, en raison de la mort ou de l'invalidité de la victime de l'accident.
- L'approche du consentement à payer mesure le montant que les personnes ou la société sont prêtes à payer pour éviter la perte de vie ou les blessures graves, ou à accepter en compensation d'un tel événement. Cette approche a pour avantage de mesurer la valeur intrinsèque de la prévention des accidents, mais a pour inconvénient le manque de précision des mesures. Cependant, l'étude COST 313 et la table ronde CEMT ont toutes deux conclu que le consentement à payer était la méthode recommandée, étant donné que l'approche du capital humain n'était pas conceptuellement solide.

#### *ACB et environnement*

La montée de préoccupations telles que le développement durable, et leur traduction réglementaire, ont complexifié l'évaluation en introduisant la prise en compte d'impacts tels que la pollution de l'air et la perte de biodiversité qui ignore les frontières. Ils sont difficilement quantifiables et plus encore monétarisables.

La directive communautaire 2001/42/CE, dite "directive plans et programmes", soumet à évaluation environnementale, notamment, les plans et programmes élaborés par une autorité nationale en application d'une disposition législative, dans divers secteurs dont celui des transports. La directive européenne est transposée en droit français par les articles L.122-4 à L.122-11 et R.122-17 à R.122-24 du code de l'environnement.

On note que les effets notables probables sur l'environnement mentionnés portent y compris sur des thèmes comme la diversité biologique, la population, la santé humaine, la faune, la flore, les sols, les eaux, l'air, les facteurs climatiques, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris le patrimoine architectural et archéologique, les paysages et les interactions entre ces facteurs.

L'évaluation environnementale doit se faire en fonction du type d'impact. Ainsi, E. Quinet [4] identifie 3 types d'impacts.

- Ceux non-quantifiables (dommages esthétiques). Il n'y a pas de démarche standard pour mesurer ces impacts. On peut mettre en place des questionnaires afin de déterminer la perte. Cette méthode est très liée au site que l'on veut étudier, il est donc difficile de la transposer à un autre.
- Ceux quantifiables et auxquels on ne peut donner une valeur monétaire (ou alors avec difficulté). (écosystèmes, effets urbains, ressources naturelles non renouvelables). On peut évaluer à l'aide de mesures et/ou d'indicateurs. Pour certains effets quantifiables, il est difficile de donner une valeur monétaire.
- Ceux que l'on peut quantifier et auxquels l'on peut donner une valeur monétaire. (émissions de polluants dans l'air, pollution locale et régionale de l'air, pollution globale de l'air, bruit, impacts en amont et en aval).

L'évaluation coût- bénéfice a été contrainte d'évoluer pour s'adapter aux besoins et différentes techniques sont apparues au cours des ans :

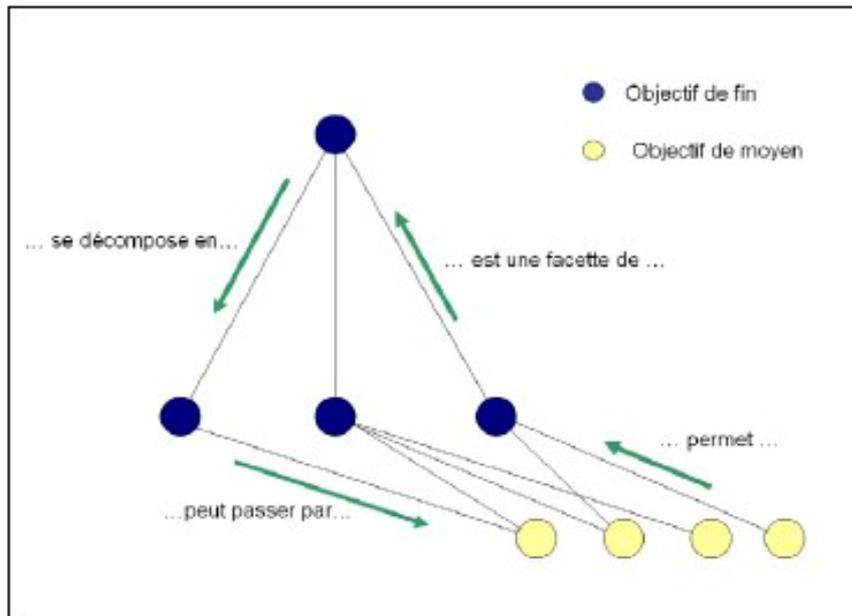
- Étude d'impact sur l'environnement (EIE) ou étude environnementale (EE) ;
- Évaluation stratégique environnementale (ESE) ;
- Analyse de cycle de vie (ACV) ;
- Évaluation des risques (ER) ;
- Évaluation comparative des risques (ECR) ;
- Analyse risques-bénéfices (ARB) ;
- Analyse risques-risques (ARR<sup>o</sup>) ;
- Analyse coût-efficacité (ACE) ;
- Analyse multicritères (AMC).

Cette dernière, quoique proche de l'ACE, se distingue des précédentes par le fait que les objectifs ne sont pas pré-établis et surtout pas uniques.

Ces méthodes se distinguent par leur degré de globalité, c'est à dire par le niveau auquel elles tiennent compte de tous les coûts et bénéfices.

## 4.2 - *L'analyse multicritères*

L'analyse "multicritères" désigne généralement un ensemble de méthodes qui visent à apporter des éléments de réponse aux questions que se posent les acteurs impliqués dans le processus de décision en s'appuyant sur des critères multiples conçus pour être avant tout des instruments de communication grâce auxquels un débat entre parties prenantes dans le processus de décision doit pouvoir s'instaurer. Elles permettent d'agréger plusieurs critères avec l'objectif de sélectionner une ou plusieurs actions (par exemple : choix d'une méthode de gestion d'une infrastructure existante, décision d'investissement, choix de l'utilisation d'une technologie ou d'un système d'information, , etc.), d'aider au diagnostic et, plus généralement, de faciliter la prise de décision stratégique ou opérationnelle.



Relation between final and means objectives [Rousval, 2005].

R

Pour jouer ce rôle, la famille de critères doit être adaptée au type de décisions en question, à la nature des projets concernés ainsi qu'aux préoccupations des parties prenantes impliquées. Ces critères seront structurés autour de grands points de vue qui mettent en valeur les principaux domaines d'impact d'un projet ( par exemple : les impacts sur les déplacements, sur les performances financières, sur l'environnement, etc...).

Au niveau de la prise de décision, la méthode distingue 5 étapes principales :

1. définir et hiérarchiser les critères permettant d'atteindre les objectifs (une solution consiste à leur affecter un poids) ;
2. lister les actions potentielles ;
3. lister les critères à prendre en considération ;
4. établir le tableau des performances ;
5. agréger les performances.

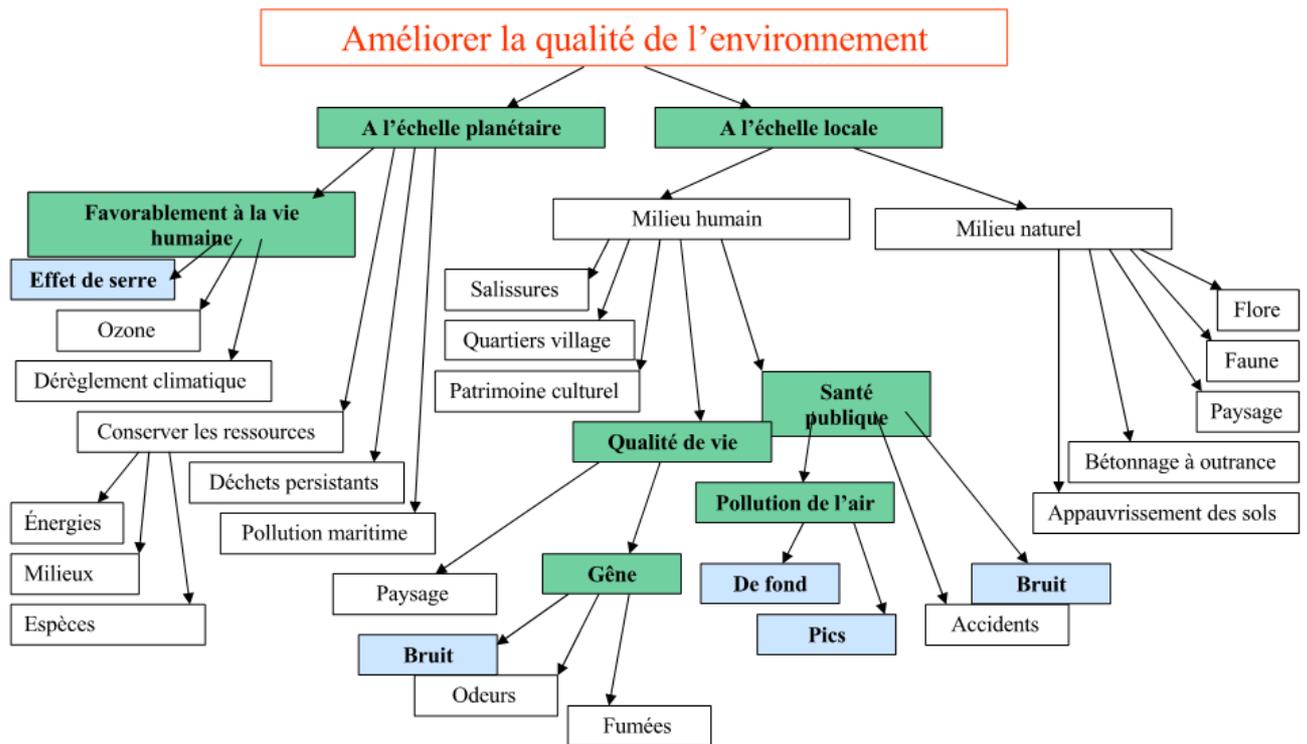


Illustration 2: exemple de hiérarchisation des objectifs d'un acteur

Les quatre premières étapes sont communes à toutes les méthodes et ne présentent que de faibles variations. La cinquième présente, elle, une nette diversité du fait qu'aucune méthode ne respecte la totalité des exigences d'un évaluateur :

- Méthodes d'agrégation complète par pondération des résultats affectés aux différents critères . Elle présente comme défauts, graves ou non selon la situation, une compensation possible entre critères et une forte sensibilité aux changements d'échelle.
- Méthodes d'agrégation partielle : on se contente dans ce cas d'appréhender partiellement les conséquences des divers actions. Les méthodes par agrégation partielle semblent bien adaptés à l'approche des impacts environnementaux qui comprennent de nombreux aspects non quantitatifs et non commensurables.

L'aide à la décision "multicritères" prend appui sur la recherche opérationnelle, dont elle constitue l'une des branches majeures, mais aussi sur d'autres disciplines (psychologie, sociologie, économie, informatique...) et d'autres démarches. Les développements théoriques en recherche opérationnelle impliquent plusieurs écoles, principalement américaine et européenne.

### 4.3 - Conclusion partielle

L'éventail des procédures est large ; cependant, seule l'analyse multicritères présente un degré de globalité aussi élevé que l'analyse coût-bénéfice, et il pourrait même être plus élevé si l'on considère d'autre objectif que l'efficacité. Toutes les autres procédures limitent délibérément leur centre d'intérêt aux seuls avantages ou font abstraction des coûts. Les méthodes varient également du point de vue du traitement réservé à la dimension temporelle.

L'analyse coût-bénéfices est et reste une méthode valable pour les choix politiques et les décisions relatives aux infrastructures ; elle n'est pas suffisante quand les impacts difficilement pris en compte deviennent importants. La méthode utilisée est compensatoire : un gain compense une perte même si les domaines d'impacts (populations et/ou institutions) concernés sont différents. Ainsi, une multitude de petits gains ont autant de poids qu'un gain élevé profitant à peu d'agents. Cette méthode conduit à masquer les effets négatifs puisqu'au final c'est un avantage global qui est présenté. De plus, la rentabilité d'un projet ne vise pas les mêmes objectifs selon l'acteur concerné, or la méthode est peu propice au débat car peu transparente. Les résultats restent peu parlants pour les non-spécialistes des calculs de rentabilité socio-économique.

#### 4.4 - Les méthodes d'analyse globale appliquées en France

Au niveau français, l'approche économique est toujours appliquée à l'évaluation des nouvelles infrastructures et elle a été retenue en 2000 par S. Cohen<sup>8</sup> et en 2004 par le groupe de travail présidé par J-N Chapulut<sup>9</sup>, pour l'évaluation socio-économique des systèmes d'exploitation. Ces deux études préconisent de mesurer la variation d'utilité collective par un ratio bénéfice/coûts. Les bénéfices étant obtenus, en valorisant à l'aide de valeurs unitaires, appelées valeurs tutélaires, les effets élémentaires des stratégies retenues sur les indicateurs suivants :

- le temps passé
- la sécurité
- la consommation de carburant
- le coût d'exploitation des véhicules
- la pollution de l'air
- les nuisances sonores
- le confort des usagers

Concernant ce dernier indicateur, le rapport Chapulut note que : « Il nous semble toutefois très difficile d'avoir une approche quantitative a priori de ces impacts, car ils font intervenir des facteurs psychologiques et sociologiques qui échappent à une analyse déterministe. En la matière, la seule évaluation a priori qu'il semble raisonnable d'effectuer est une analyse de l'état de l'art permettant de porter un jugement qualitatif a priori sur l'adéquation entre les mesures proposées et l'acceptabilité par les usagers. [...] ».

Ce même rapport précise que : « En fait, il convient de signaler que l'estimation de tous les impacts sur l'environnement donne des résultats négligeables. »

Le poids des différents postes dans le résultat est lié aux méthodes et valeurs de monétarisation utilisées aujourd'hui, qui conduisent à donner un poids considérable aux effets de sécurité, de temps gagné et de reports de modal .

Le rapport du CERTU « **Évaluation des projets d'exploitation sur les axes principaux d'agglomération** » publié en 2004 précisait : « *En l'état actuel des connaissances, il est très difficile voire impossible d'évaluer économiquement certains systèmes d'exploitation* ».

<sup>8</sup>-Exploitation et télématique routière- éléments d'évaluation socio-économique ; Simon Cohen, novembre 2000 -rapport N°232 -les collections de l'INRETS

<sup>9</sup> -Évaluation socioéconomique des systèmes d'exploitation de la route en milieu urbain rapport du groupe de travail présidé par J-N Chapulut- Conseil Général des Ponts et Chaussées Affaire n° 2002-0180-01- Août 2004

La circulaire relative au « Référentiel d'évaluation du ministère », publiée le 9 décembre 2008 (Ministère de l'écologie 2008) et qui concerne l'ensemble des champs de décision du Ministère, et pas seulement les transports, est inspirée par une ligne de pensée différente et plus proche de l'analyse multicritères. Elle propose une procédure d'évaluation qui s'écarte très sensiblement du schéma adopté antérieurement pour les infrastructures routières. L'évaluation commence par une définition des objectifs visés par le projet et une évaluation de la manière dont ce projet y répond, par comparaison avec les autres alternatives envisageables. La manière d'effectuer ces comparaisons est d'analyser les impacts du projet ; impacts classés selon les trois piliers du développement durable : Economie, Social, Environnement.

En 2010, E. Quinet [2] résumait le situation de la façon suivante :

*« Sous l'influence des changements dans la société et des progrès dans l'analyse économique, la doctrine d'évaluation des projets en France a connu depuis quelques années une transformation radicale. Partant d'une situation en 2004-2005 où la doctrine était clairement à l'application de la théorie économique des surplus et de l'analyse uni-critère, on s'est retrouvé à partir de 2007-2008 dans une doctrine très clairement multi-critère. Mais on voit que la mise en place des modalités précises de cette doctrine est très lente. Ceci est dû pour une part au mode de gouvernance introduit par la concertation du Grenelle de l'environnement, une gouvernance à 5 faite d'essai-erreur, d'expériences et de retours sur expérience. Mais ceci est dû aussi au fait que l'établissement de critères non redondants et couvrant tous les aspects intéressant les décideurs est chose difficile. Si l'on analyse les forces et faiblesses des deux types d'évaluation, on s'aperçoit que les deux procédures sont autant complémentaires que concurrentes ; l'analyse coût-bénéfice fournit un cadre rigoureux aux présentations de l'analyse multi-critère, elle permet de mieux mesurer les relations de cause à effet entre le projet et les impacts qu'on veut mesurer. »*

## 4.5 - Les résultats de l'analyse bibliographique

La revue de la bibliographie internationale indique que :

- l'analyse coûts-bénéfices, couramment employée pour évaluer la plupart des investissements routiers, est aussi appliquée à la mise en œuvre des systèmes de gestion de trafic et de Transport Intelligents. La prise en compte et la monétarisation sont quasi-systématiques pour les externalités de pollution de l'air, d'émissions de gaz à effet de serre et de bruit.

Le projet eImpact ([www.eimpact.info](http://www.eimpact.info)) et la base de données sur les effets des systèmes de télésecurité ([www.esafety-effectsdatabase.org](http://www.esafety-effectsdatabase.org)) qui concernent des applications de sécurité des systèmes de sécurité intelligents en général, tiennent également compte d'autres aspects dans l'évaluation des systèmes. Ainsi, le projet eimpact s'intéresse aux effets sur la circulation et établit une analyse coûts-bénéfices des applications concernées.

Cependant, les projets de régulation dynamiques du trafic et/ou de systèmes de transport intelligents (STI) sont souvent conçus pour se conjuguer à d'autres, ce qui fait que l'ensemble du système a un impact plus grand que la somme des impacts de chaque partie de l'ensemble. Ces types d'effets de réseau ou de système ont été constatés dans des investissements traditionnels dans les transports.

L'identification de ces effets de réseau de système est complexe et exige habituellement une perspective régionale ou nationale. (Par exemple, voir le rapport sur les coûts et avantages des programmes STI rédigé par Apogee Research pour la U.S. FHWA et ITS America<sup>10</sup>).

- l'analyse coûts-bénéfices est rarement employée pour des interventions de moindre importance : traitement de points noirs de congestion, investissement dans la gestion des acci-

10<sub>1</sub> Apogee Research Inc., *Intelligent Transportation Systems National Investment and Market Analysis*, ITS America and U.S. Department of Transportation, Washington, DC, 1997.

dents et incidents qui se focalisent sur les impacts des principaux objectifs, sans préciser explicitement les impacts non traités.

Parallèlement, la plupart des études d'évaluation portant spécifiquement sur les systèmes coopératifs font clairement référence à des applications et à la mesure des impacts sur la sécurité ; domaine qui a d'emblée été envisagé comme susceptible de profiter des avantages de ces systèmes.

- Les études relatives à une approche multicritères concernent en priorité la théorie et l'applicabilité de la méthode. Elles relèvent majoritairement du domaine de la recherche du fait de leur complexité. Une application est en cours par l'IFSTTAR (équipe de S. Cohen) pour les carrefours à feux.

Enfin, au niveau français, deux documents français mettent l'accent sur la procédure à mettre en place lorsque l'on souhaite réaliser une évaluation environnementale.

- Le premier, commandité par le Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (2001), et réalisé par le Bureau d'étude EGIS-BCEOM, préconise deux étapes :
  - l'identification des enjeux environnementaux (on détermine le profil environnemental du site), tenant compte de la richesse, de la fragilité et des potentialités des territoires concernés, mais aussi des critères réglementaires, des valeurs d'acceptabilité sociale...
  - l'évaluation des effets (directs et indirects, globaux et territoriaux) des scénarios envisagés et la détermination des mesures d'accompagnement environnemental à mettre en œuvre pour rendre les impacts acceptables. Cette évaluation passe par l'analyse d'indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs) d'enjeux et d'effets.
- Le second, réalisé par Émile QUINET souligne le fait qu'une évaluation peut avoir plusieurs niveaux. Le premier (le plus simple à mettre en œuvre) consiste à décrire un phénomène. Le second consiste à quantifier les impacts physiques qu'ont les transports sur l'environnement. L'auteur précise que l'évaluation des impacts environnementaux se fait par étape, en se focalisant sur les sources et les cibles ainsi que sur les impacts physiques puis économiques. Il préconise d'utiliser la méthode suivante :
  - Estimer le type et la quantité de gaz,
  - Déterminer comment ils se déplacent dans l'air et les réactions chimiques qu'ils peuvent avoir,
  - Calculer les effets qu'ils peuvent avoir sur les cibles (hommes, végétaux...),
  - Donner un coût monétaire aux dommages causés, ce qui inclus l'estimation de la valeur de la morbidité, de la mortalité ainsi que la diminution de la production agricole.

## 5 - Conclusions

Pour atteindre une efficacité maximum des réseaux, il est nécessaire de mettre au point des stratégies intégrées de régulation et d'information des usagers de la route.

L'optimisation des politiques d'exploitation impose d'avoir des outils d'évaluation efficaces pour réaliser :

- une évaluation en temps différé afin de définir des stratégies de gestion de la circulation;
- une évaluation en temps réel pour vérifier les changements survenus dans les caractéristiques de la circulation ;
- identification des modifications à apporter à la stratégie retenue.

Bien que des méthodes d'évaluation existent et que des protocoles soient définis, il n'en reste pas moins que le choix d'une méthode d'évaluation appropriée est très dépendante des projets ; les évaluations sont confrontées à des difficultés méthodologiques et une variété d'outils dont les limites doivent être précisées lors de leur utilisation. De plus, l'étude de ces méthodes révèle qu'elles ont des niveaux de détails variables, que dans quelques cas, elles s'imbriquent– et qu'il peut aussi y avoir les combinaisons efficaces de méthodes.

Par ailleurs, les méthodes peuvent être appliquées avec plus ou moins de succès selon les ressources disponibles ; la disponibilité de bases de données est un facteur particulièrement important.

Dans le cas d'évaluation partielle ou d'utilisation de méthode simplifiée, il est important de préciser clairement ce qui est couvert par les résultats et ce qui a été omis.

Sous l'influence des changements dans la société et des progrès dans l'analyse économique, la doctrine d'évaluation des projets routiers en France a évolué. Partant d'une situation en 2004-2005 où la doctrine était clairement à l'application de la théorie économique des surplus et de l'analyse uni-critère, à partir de 2007-2008 la doctrine s'oriente vers une approche multicritères. La mise en place des modalités précises de cette doctrine est lente et délicate du fait que l'établissement de critères non redondants et couvrant tous les aspects intéressants des décideurs est difficile.

## 6 - Éléments bibliographiques

Le lecteur notera que les ouvrages suivants comportent, en général, des bibliographies très complètes :

1. Bickel, P. *et al.* (2006), HEATCO – Developing harmonised European approaches for transport costing and project assessment, IER, Germany (<http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/>)
2. Chevasson G., Crozet Y., "Etat de l'art sur le prix de la vie humaine dans le domaine de la sécurité routière", Rapport dans le cadre du programme ARCOS (Action de recherche pour une conduite sécurisée), 2003. 61 p.
3. Eddington, R. (2006), *The Eddington Transport study: transport's role in sustaining the UK's productivity and competitiveness*, HM Treasury, London.
4. Gibbons, S. and H. Overman (2009), Productivity in Transport Evaluation Studies, London School of Economics, April, [www.dft.gov.uk/pgr/evaluation/evaluationguidance/evalprodimpacts/](http://www.dft.gov.uk/pgr/evaluation/evaluationguidance/evalprodimpacts/).
5. ITF (2007), *The Wider Economic Benefits of Transport*, International Transport Forum Round Table 140, OECD Publishing, Paris.
6. Layard, R. and S. Glaister (2001), *Cost-benefit analysis – Second edition*, Cambridge University Press.
7. Mackie, P. (2010), Cost-Benefit Analysis in Transport: A UK Perspective, International Transport Forum Discussion Paper 2010-16, <http://internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP201016.pdf>
8. Mohring, H. (1961), Land values and the measurement of highway benefits, *Journal of Political Economy*, 69, 3, 236-249.
9. EVA-TREN Deliverable 6 – Final Report. EVA-TREN (Improved decision-aid methods and tools to support evaluation of investment for transport and energy networks in Europe) Project. FP6 Research for Policy Support.
10. NEARCTIS Deliverable 7-Review of available case studies and related knowledge, 25 septembre 2009
11. Ramirez Soberanis, V. (2010), The Practice of Cost Benefit Analysis in the Transport Sector: A Mexican Perspective, International Transport Forum Discussion Paper 2010-18, <http://internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP201018.pdf>
12. S. Cohen & LEE (2008), Enjeux des mesures de régulation dynamique des vitesses-Guide méthodologique --INRETS- Edition du 20 juin 2008
13. Small, K.A. (1999), Project evaluation, in: J. Gómez-Ibáñez, W.B. Tye and C. Winston (eds.), *Essays in transportation economics and policy – a handbook in honour of John R. Meyer*, Brookings Institution Press, Washington D.C., 137-180.
14. Tomlinson, P. (2004), United Kingdom – The evolution of strategic environmental assessment, integrated assessment and decision making in transport planning, in: *Assessment and decision making for sustainable transport*, ECMT-OECD, Paris, 119-200.
15. Zéro tué sur la route : un système sûr, des objectifs ambitieux – isbn 978-92-821-0197-1 © ocde/fit 2009

Les ouvrages suivants comportent des informations sur les indicateurs d'évaluation de l'impact environnemental des transports :

- Gudmundsson, H. (2004): Sustainable Transport and Performance Indicators. In: Hester, R.E. & Harrison, R.M. (Eds): - Issues in Environmental Science and Technology. Transport and the Environment 20: Pp. 35-63.

- Gudmundsson, H. (2003): Making concepts matter: sustainable mobility and indicator systems in transport policy. - International Social Science Journal 55(2): 199-217.
- Lorek S. and Spangenberg J. H. 2001: Indicators for environmentally sustainable household consumption. Int. J. sustainable development, Vol.4, No.1,2001. [pdf](#) . Section on SD transport indicators.
- Low, Nicholas & Gleeson, Brendan (eds) 2003. Making Urban Transport Sustainable, Palgrave Macmillan, Houndsmills
- Richardson, Barbara C. Sustainable transport: analysis frameworks. Journal of Transport Geography 13 (2005) 29-39
- Zietsman, Josias & Rilett, Laurence R. 2002 Sustainable Transportation: Conceptualization and Performance Measures. Report No. SWUTC/02/167403-1. Texas Transportation Institute, The Texas A&M University System, College Station, Texas.

Les ouvrages suivants comportent des informations et des bibliographies complètes sur la modélisation du trafic :

Goatin, P. 2009: Analyse et approximation numérique de quelques modèles macroscopiques de trafic routier-HDR- Université du Sud Toulon – Var

Bruit :

Defrance & Gabillet (1999) : A new analytic method for the calculation of outdoor noise propagation. Applied acoustics-V2.

Leclercq, L (2002) : Modélisation dynamique du trafic routier et application à l'estimation du bruit. IN-SA de Lyon

Herviou, D. (2006) La perception visuelle des entités autonomes en réalité virtuelle : Application à la simulation de trafic routier -Université de Bretagne Occidentale

## 7 - Références

1. -
2. Quinet, E. (2010), The Practice of Cost-Benefit Analysis in Transport: The Case of France, International Transport Forum Discussion Paper 2010-17,  
<http://internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP201017.pdf>
3. Ewings, T & Redfern T. (2009), Evaluation of better use intervention- evaluation framework report – department for Transport (UK)

# 1 - ANNEXE 1

Feuille1

## Liste des éléments de contexte couramment utilisés lors d'une évaluation

	Type de route	Typologie de la route (route, autoroute) et localisation (urbain, campagne, interurbain)	Qualitative
Géométrie de la voie	Longueur et largeur des voies	Caractéristiques physiques de la chaussée	mesurée
	Nombre et qualité des rampes d'accès et des échangeurs		

## Liste des indicateurs couramment utilisés lors d'une évaluation

Catégorie	Sous-catégorie	Impact	Indicateur	Description	Type de donnée, Unité
Economie	Bénéfices	Opérateur	Retour sur investissement	Bénéfice par kilomètre	Monétaire, quantitative, mesuré
		Société	Economie réalisée	Bénéfice social	Monétaire, quantitative, mesuré
	Coûts	Opérateur	Coûts de construction et de maintenance	Coût par kilomètre	Monétaire, quantitative, mesuré
		Société	Conflits institutionnels, Procédures législatives,		Quantitative, mesuré
	Pertinence	Société	Comparaison coûts/bénéfices		Quantitative, mesuré
Sociale	Acceptabilité	Fiabilité de l'information	Niveau de fiabilité, de cohérence et de précision de l'information	Degré de fiabilité de l'information perçu par les usagers	Qualitative, %, indice, collectée, enquête
		Temps	Temps gagné	Temps estimé par l'utilisateur	Heure, minute, seconde, estimée ou mesurée
		Préférence du conducteur	Degré de préférence, niveau de satisfaction		Estimée ou mesurée, qualitative
		Confort de la conduite	Niveau de confort, perception du confort		
	Accessibilité	Usabilité (logiciel de gestion de trafic)	Facilité, efficacité et nouvelle manière d'activer une gestion de trafic urbain,		
		Fiabilité du trajet	Niveau de fiabilité du trajet	Degré de fiabilité du trajet perçu par les usagers	Qualitative, %, indice, collectée, enquête
	Représentations	Perception de l'accessibilité	Manière dont est perçue le dispositif par les usagers	Qualitative, %, indice, collectée, enquête	
Energie	Consommation d'énergie	Consommation de carburant	Niveau de consommation d'essence, de diesel, d'électricité	Consommation par kilomètre et par type de véhicule	Quantitatives, mesurées ou estimées (simulation)
			composition du parc automobile	Consommation par type de véhicule	Quantitatives, mesurées ou estimées (simulation)
Environnement	Pollution	Émission (ou immissions) de polluants (*)	Émission de CO2	g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré
			Dioxyde de soufre	g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré
	Oxyde d'azote		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Protoxyde d'azote		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Monoxyde de carbone		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Composés organiques volatiles		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Cuivre		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Plomb		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	PM10, PM2.5, PM1.0		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Type de pot d'échappement		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Cycle de vie du véhicule		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Type de carburant		g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré	
	Type de véhicule		Marque du véhicule	Qualitative	

Feuille1

	Nuisance	Taux d'émission	Entretien	Estimation du degré de l'entretien du véhicule	Qualitative, mesurée
			Age	Date de première mise en circulation	Quantitative, mesuré
			Manière de conduire	Paramètre estimé	Qualitative, estimée, simulation
			R <sub>s</sub> Véhicule à froid ou non	Température du moteur et de l'environnement extérieur	mesurée, simulation
			Localisation du véhicule	Campagne, ville	Qualitative
			Emission de CO	g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré
			Emission de Nox	g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré
			Emission de Particules (PM10, PM2.5, PM1.0)	g/km ou tonnes/an	Quantitative, mesuré
			Niveau de CO2	Concentration en CO2	Quantitative, mesuré
			Niveau de CO	Concentration en CO2	Quantitative, mesuré
		Niveau de Particules	Concentration en particules	Quantitative, mesuré	
		Qualité de l'air	Protoxyde d'azote	Concentration en protoxyde d'azote	Quantitative, mesuré
			Méthane	Concentration en méthane	Quantitative, mesuré
			Hydrofluocarbures	Concentration en hydrofluocarbures	Quantitative, mesuré
			Niveau de dB		Quantitative, mesuré
			Nombre de véhicules par heure		Quantitative, mesuré
			Proportion de poids lourds		Quantitative, mesuré
		Bruit du trafic routier (**)	R <sub>s</sub> de Vitesse moyennes		Quantitative, mesuré
			Caractéristiques sonores du revêtement		Quantitative, mesuré
Transport	Niveau de service	Congestion	Retard (taux de retard relatif, la proportion de retard)		Quantitative, mesuré, %
			Longueur maximale des files d'attente		Mètre, nombre de véhicule par unité de distance, mesurée, quantitative
			étalement de la pointe		Durée horaire
			Temps passé dans le trafic		Unité de temps, mesurée, simulée
			Nombre de véhicules par heure	veh	mesurée, simulation
		Variation du temps de parcours		%, quantitative, mesurée	
		Conditions de trafic	Distribution de la vitesse des véhicules	Vitesse moyenne, vitesse maximale, différence de vitesse entre les véhicules et entre les voies	km/h, quantitative, mesurée ou simulée
			Taux de conformité aux limitations de vitesse	Nombre d'infractions aux limitations	Quantitative, mesurée
			Différences de vitesses entre les voies	Calcul de l'écart de vitesse entre les voies	km/h, %, mesurée, quantitative
			Taux d'utilisation de voies	Niveau d'utilisation des voies	%, quantitative, mesurée
	Distribution du trafic			Mesurée ou simulée	
	Sécurité Sécurité	Accidents Accidents	Nombre de véhicules par heure	veh	veh, mesurée, simulation
			Distances entre les véhicules	Calcul de l'écart entre les véhicules	m ou s, %, mesurée, quantitative
			Différences de vitesses entre les véhicules	Calcul de l'écart de vitesse entre les véhicules	km/h, %, mesurée, quantitative
			Vitesse	Vitesse moyenne, vitesse maximale, différence de vitesse entre les véhicules et entre les voies	km/h, mesurée, quantitative
			Nombre d'accidents	Nombre d'accidents	%, quantitative, mesurée
	Nombre de morts	Nombre de morts /km et type de voie	%, quantitative, mesurée		
	Nombre de blessés graves	Nombre de blessés graves/km et type de voie	%, quantitative, mesurée		
	Nombre de blessés légers	Nombre de blessés légers	%, quantitative, mesurée		
	Taux de gravité des accident	Violence des accidents	Indice, qualitative		
Nombre de blessés graves	Nombre de blessés graves	%, quantitative, mesurée			

(\*) Les émissions induites par le trafic routier peuvent être calculées sur la base des coefficients d'émissions disponibles dans le « Manuel Informatisé des Coefficients d'Émissions du Trafic Routier »

L'immission caractérise la concentration des polluants dans l'air ambiant ; elle peut être calculée à partir d'un modèle de dispersion gaussien

(\*\*) On peut utiliser le modèle GTL 86

## 2 - Annexe 2 - Présentation d'outils de modélisation

### 1. La modélisation du trafic

#### 1. Le logiciel SATURN

Le modèle dynamique de la Région de Bruxelles-Capitale reprend l'ensemble du réseau routier régional et interquartier tel que défini au PRD ainsi que les collecteurs de quartiers et les voiries locales empruntées par les véhicules de transport publics (bus et trams) et les itinéraires cyclables. Ce modèle a été mis au point dans le cadre de l'étude "Modélisation dynamique du plan de déplacements de la Région bruxelloise en vue d'optimiser le réseau routier hiérarchisé".

Le logiciel Saturn fonctionne sur base de deux types d'informations :

" Le réseau routier qui est encodé dans le logiciel sous forme d'arcs et de nœuds, correspondant respectivement aux routes et aux carrefours. Ce logiciel a été sélectionné car il permet de simuler la congestion à chaque carrefour du réseau. Ce réseau constitue l'offre des déplacements. Le réseau de la région de Bruxelles-Capitale est modélisé à l'aide de 5305 arcs et 2032 carrefours. Ces carrefours sont subdivisés en 1169 carrefours à priorité, 575 carrefours à feux, 99 ronds-points et 189 carrefours en dehors de la RBC. Cette subdivision est importante car ceux-ci ne sont pas modélisés de la même manière et nécessitent des informations spécifiques à chacun d'eux.

" Les matrices " origine -destination " qui contiennent l'information de tous les déplacements possibles sur le réseau. Ces matrices sont affectées sur le réseau. Les matrices, qui représentent la demande des déplacements, sont construites sur base des données du recensement de la population réalisé par l'Institut National de Statistiques.

La particularité du modèle est de pouvoir tenir compte des phénomènes de formation de files d'attente aux carrefours et notamment de figurer la retenue des véhicules bloqués dans la congestion aux endroits où la capacité est insuffisante. Les véhicules de transport public sont également pris en compte, de même que les aménagements visant à favoriser leur progression (sites propres,...).

#### 2. Le logiciel TRANSCAD

TransCAD est un logiciel de modélisation destiné aux problématiques liées au transport, à l'échelle macro et microscopique. Il permet d'analyser le trafic en prenant en compte simultanément des contraintes liées à la configuration de la voirie et à la composition du trafic pour lesquels il est possible d'envisager différentes stratégies.

Le "plus" de TransCAD est de disposer d'un Système d'Information Géographique intégré. Il permet ainsi de meilleures représentations graphiques des résultats.

#### 3. Le logiciel VISSIM

Vissim est un logiciel de simulation dynamique et microscopique destiné à modéliser le trafic urbain. Il permet d'analyser le trafic en prenant en compte simultanément les contraintes liées à la configuration de la voirie, à la composition du trafic ainsi qu'aux systèmes de signalisation ( feux, stops, priorités...) pour lesquels il est possible d'envisager différentes stratégies.

Cet outil est spécialement adapté pour évaluer l'intégration des transports publics dans la circulation urbaine.

Vissim est doté d'interfaces graphiques performantes qui permettent de réaliser des animations en 2D ou en 3D et qui offrent une bonne compréhension du fonctionnement du trafic.

### 2. La modélisation multimodale du transport de passagers

#### 1. Le logiciel VISUM

Le logiciel Visum est un logiciel d'aide à la planification des transports qui permet d'analyser et de planifier un système de transport.

Dans Visum, un système de transport est modélisé d'une part par une offre de transport (le réseau) et d'autre part par une demande de transport (les voyageurs).

L'offre de transport est représentée par un réseau d'arc et nœuds sur lequel circulent des lignes de transport en commun : train , tram, bus , métro,... Ces lignes sont déterminées par leurs arrêts, les temps de passages entre arrêts, les temps d'arrêts et les horaires journaliers.

Pour représenter la demande, il est nécessaire de connaître les origines et destinations des déplacements. Ces origines et destinations sont représentées spatialement dans Visum par un découpage géographique en zones de trafic. Ces zones de trafic sont connectées au réseau à l'endroit des arrêts.

Etant donné l'offre et la demande, le logiciel calcule l'itinéraire optimal pour tous les voyageurs selon une fonction de choix d'itinéraire dont les nombreux coefficients ont été préalablement calibrés sur base d'enquêtes. Ces coefficients rendent compte de la perception des transports en commun par les différents utilisateurs. Les paramètres les plus importants qui influent le choix d'itinéraire sont : le temps de parcours, le nombre de correspondances, le temps de marche à pieds, le temps d'attente, le coût du transport, le mode de transport, le confort.

Visum calcule tous les itinéraires possibles en tenant compte des horaires exacts et distribue (affectation ) ensuite les voyageurs sur les itinéraires les plus probables.

De cette affectation, il est possible d'extraire de nombreux indicateurs de fréquentation du réseau ou de qualité de l'offre: charge par tronçon, voyageurs x km, voyageurs par heures, temps de parcours, temps d'attentes, véhicules x km, isochrones, etc.

Visum permet ensuite de tester des modifications apportées soit à l'offre de transport (nouvelle ligne, gain de vitesse commerciale, congestion,...) soit à la demande (nouveaux pôles d'emploi, de loisir ou de logement).

### **3. Modélisation du transport intermodal de marchandises**

#### **1. Le logiciel NODUS**

NODUS est un logiciel graphique conçu pour la modélisation des réseaux multimodaux de transports de marchandise. Ce software est basé sur une modélisation très détaillée des réseaux trans-européens des chemins de fer, des routes et des canaux, et même du cabotage maritime européen. Toutes les opérations de transport y sont identifiées par mode et leurs coûts tenus en compte séparément, y compris les coûts de transfert d'un mode ou d'un moyen de transport à un autre. Ceci permet, en particulier, d'analyser les solutions de transport intermodal. Par la minimisation des coûts généralisés des tâches de transport, définies par une matrice d'origines et destinations, le software trouve les solutions les moins coûteuses, en ce compris éventuellement des combinaisons de moyens et modes. Comme les paramètres des fonctions de coût et les caractéristiques des réseaux peuvent être modifiés selon les besoins, des simulations sont possibles qui portent sur des politiques de prix et de taxation, sur des plans d'investissement ou d'organisation des réseaux avec des contraintes d'utilisation. NODUS a été développé par le Groupe Transport et Mobilité (GTM) des FUCAM (Facultés Universitaires Catholiques de Mons).

### **4. Modélisation des émissions**

1. Le logiciel IMPACT-ADEME v.2.0 permet d'estimer la consommation de carburants et de quantifier les principales émissions de polluants et gaz à effet de serre liées à un flux de véhicules sur une infrastructure routière donnée, en France, à un horizon choisi jusqu'en 2025. Ce logiciel utilise la méthode européenne COPERT III, qui fait référence en Europe pour la modélisation des émissions liées aux transports routiers. Il permet de modéliser les émissions des polluants atmosphériques normés à l'émission (CO, NOx, COV, PM) et ceux non réglementés (SO2, NH3, CH4, N2O, métaux, HAP, COVNM spécifiés). Les données relatives au parc français de véhicules et son évolution jusqu'en 2025 sont issues de travaux de l'INRETS en 2003. Les résultats de la modélisation sont exprimés en masse de polluants émis par unité de temps.

## 2. COPERT III : (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport)

Le logiciel COPERT III v.2.1 permet d'estimer la consommation de carburants et de quantifier les principales émissions de polluants et gaz à effet de serre liées au trafic sur un réseau routier pendant une période de temps donnée. Il peut être utilisé pour réaliser des inventaires d'émissions nationaux et des inventaires sur des zones plus restreintes (ville, région...).

Ce logiciel a été mis au point à partir de la méthode européenne du même nom, au sein de l'Université Aristote de Thessaloniki. Il permet de modéliser les émissions des polluants atmosphériques normés à l'émission (CO, NOx, COV, PM) et ceux non réglementés (SO2, NH3, CH4, COVNM spécifiés). Il permet à l'utilisateur de définir lui-même son parc automobile. Son utilisation n'est donc pas limitée à la France et l'horizon d'étude limite est uniquement lié à la disponibilité des données. Des véhicules fonctionnant selon de nouvelles technologies peuvent par ailleurs être intégrés dans le parc. Les résultats de la modélisation sont exprimés en masse de polluants émis par unité de temps.

## 3. Outils de modélisation de la dispersion atmosphérique

### 1. ADMS3

Le logiciel ADMS 3 v.3.1 permet de modéliser la dispersion atmosphérique des polluants à partir de sources ponctuelles, surfaciques, volumiques ou linéaires. Il s'appuie sur un modèle gaussien de nouvelle génération et a été spécialement développé pour évaluer l'impact à long terme des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles sur des zones complexes. Il permet notamment de prendre en compte la topographie, la présence de bâtiments et les données météorologiques horaires. La déposition des particules et des gaz au sol peut également être modélisée. Ce modèle, commercialisé par le CERC est largement utilisé dans les études d'impacts en France. Il a été validé au niveau international par des études de comparaison " résultats du modèle/résultats des mesures " publiées dans les revues scientifiques . Il est utilisé par de nombreuses institutions françaises : INERIS, AFSSE , InVS, IRSN , Météo France, Ecole centrale de Lyon, etc. Les résultats sont des concentrations atmosphériques sur une zone ou en un point donné.

### 2. POLAIR :

Le logiciel POLAIR permet de modéliser la dispersion atmosphérique à partir d'une source ponctuelle. Il peut être utilisé en première approche pour déterminer la zone de dispersion à prendre en compte.

La méthode d'estimation des émissions de polluants du transport routier repose sur l'évaluation des émissions unitaires de chaque catégorie de véhicules en tenant compte des différences de niveaux d'émissions selon le type de réseau routier utilisé. Ce chiffrage intègre à la fois les normes correspondant aux générations de véhicules constituant le parc actuel et les futures normes.

### 3 - Fiches de lecture d'études

#### 3.1 - Etudes METHODES THÉORIQUES

Titre du document	L'évaluation environnementale des plans et programmes de transports
Auteurs	Patrick Michel, Thierry Monier (BCEOM)
Commanditaire	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement
Date du document	2001
Objectifs	Le présent document est destiné à présenter cette méthode non seulement aux praticiens qui auront à la mettre en œuvre mais aussi à délivrer une information générale à l'ensemble des responsables politiques, de ceux des grandes administrations déconcentrées, des entreprises, des organismes professionnels, des acteurs des collectivités territoriales, des représentants des associations.
Résumé et principaux résultats	<p>La démarche proposée dans ce document se veut être pragmatique et globale. Dans un premier temps, il convient d'analyser l'existant au travers d'éléments cartographiques issus de bases de données. Ensuite, l'on simule la mise en place du plan (ou du programme) sur le territoire. Puis l'on mesure l'impact potentiel de chacun des scénarios du plan (ou programme) sur les 4 enjeux environnementaux majeurs (maintenir la biodiversité, préserver l'ambiance sonore de qualité, préserver la qualité des eaux souterraines et superficielles, maintenir la qualité de l'air). Cela nous permet de conduire une concertation et enfin de décider en choisissant le scénario le plus favorable pour l'environnement.</p> <p><b>Le document souligne l'importance de la différence entre une évaluation environnementale et une étude d'impact</b> (les enjeux ne sont pas les mêmes, les zones d'études non plus).</p> <p>L'évaluation environnementale pourra être réalisée en deux étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ l'identification des enjeux environnementaux (on détermine le profil environnemental du site), tenant compte de la richesse, de la fragilité et des potentialités des territoires concernés, mais aussi des critères réglementaires, des valeurs d'acceptabilité sociale...</li> <li>■ l'évaluation des effets (directs et indirects, globaux et territoriaux) des scénarios envisagés et la détermination des mesures d'accompagnement environnemental à mettre en œuvre pour rendre les impacts acceptables. Cette évaluation passe par l'analyse d'indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs) d'enjeux et d'effets.</li> </ul> <p>La suite du document présente les objectifs ainsi que les protocoles</p>

d'évaluations spécifiques pour chacun des enjeux identifiés. Sans entrer dans les détails, nous pouvons en retenir les principaux points :

**Maintenir la biodiversité :**

- Identification du réseau fragmentant le territoire et calcul des surfaces des zones non fragmentées
- Calcul de la surface des espaces d'intérêt biologique localisés dans les zones non fragmentées
- Hiérarchisation des zones où le maintien de la biodiversité constitue un enjeu national
- Évaluation des effets du plan ou du programme de transport

**Préserver la qualité de l'ambiance sonore :**

- Identification des infrastructures de transport émettrices de bruit et délimitation de l'empreinte sonore des infrastructures linéaires
- Identification et estimation des surfaces des zones tranquilles
- Hiérarchisation des zones tranquilles Évaluation des effets du plan ou du programme de transport

**Préserver la qualité des eaux superficielles et souterraines :**

- Découpage du territoire en bassins hydrographiques
- Affectation d'un indice de qualité des eaux aux secteurs hydrographiques
- Hiérarchisation des zones d'isoqualité
- Évaluation des effets du plan ou du programme de transport
  
- Identification des nappes d'eau souterraines vulnérables sur le territoire Identification des zones d'isovulnérabilité
- Hiérarchisation des zones d'isovulnérabilité
- Évaluation des effets du plan ou du programme de transport

Le protocole d'évaluation des effets sur les eaux superficielles comme celui sur les eaux souterraines sont expérimentaux. A l'inverse des deux précédents indicateurs, ils n'ont pas fait l'objet de tests de validation à l'échelle nationale et doivent donc être considérés comme une première réflexion à approfondir.

**Assurer le droit de respirer un air qui ne nuise pas à la santé :**

- Définition et quantification des flux de polluants à l'aide des indicateurs
- Définition des contraintes ou limites établies pour maintenir la qualité de l'air
- Comparaison des flux globaux de polluants et d'énergie et des flux limites imposés par les protocoles
- Décision de rejet, d'acceptation ou de modification des scénarios étudiés.

L'évaluation des effets, quelle que soit l'échelle à laquelle on se place,

est théoriquement toujours possible en utilisant un processus de modélisation. Celle-ci est encore absolument insatisfaisante à l'échelle locale ou régionale et fait encore l'objet de travaux de recherche et de développement à l'échelle globale.

Bien que des méthodes d'évaluation existent et que des protocoles soient définis, il n'en reste pas moins que les évaluations sont confrontées à des difficultés méthodologiques. **La comparaison de scénarios peut s'avérer difficile** pour plusieurs raisons :

- la **juxtaposition d'infrastructures relevant de plusieurs modes**,
- l'hétérogénéité des scénarios (longueur, nombre d'infrastructures),
- les **effets cumulatifs à ajouter aux effets individuels**,
- les types d'aménagement envisagés (tracés neufs ou aménagement d'infrastructures existantes),
- le jumelage de certaines infrastructures,
- le calendrier de construction des infrastructures entraînant des effets sur l'environnement décalés dans le temps.

Enfin, dans toute évaluation, il est noté l'importance des outils de SIG et de la disponibilité des bases de données informatiques.

Titre du document	<b>DESIGN MANUAL FOR ROADS AND BRIDGE – ENVIRONMENTAL -Vol 2 ASSESSMENT-SECTION 3 ENVIRONMENTAL ASSESSMENT TECHNIQUE</b>
Auteurs	
Commanditaire	<b>THE HIGHWAYS AGENCY</b>
Date du document	2007
Sujet	Méthode d'évaluation d'impacts des projets routiers sur la qualité de l'air
Objectifs	Cette étude vise à définir la méthode et les outils à utiliser pour mesurer les impacts sur la qualité de l'air des projets d'investissement et d'aménagements des voies gérées par l'agence, quelque soit l'importance de ceux-ci.
Méthode	<p>La méthode nommée DMRB 11.1.1 énonce les buts et objectifs de l'évaluation environnementale. L'objectif global est de définir le niveau de l'évaluation nécessaires pour permettre une prise de décisions éclairée à un stade aussi précoce que possible du projet . Cela nécessite une adéquation à l'objectif poursuivi.</p> <p>La méthode d'évaluation distingue quatre niveaux d'évaluation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• détermination d'objectif;</li> <li>• évaluation simple;</li> <li>• détaillé;</li> <li>• suivi de l'atténuation / l'amélioration.</li> </ul> <p>Chaque niveau d'évaluation prend en compte deux composantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La première est la qualité de l'air local, basée sur l'estimation des concentrations de polluants qui pourrait changer à des endroits précis à la suite des propositions (dioxyde d'azote, oxydes de d'azote, les particules fines (PM10 ) monoxyde de carbone, le benzène et le 1,3-butadiène) . Ces concentrations sont comparées aux critères de qualité de l'air relatives selon les cas à la protection de la santé humaine ou de la végétation. La construction et les effets opérationnels doivent être pris en considération pour la qualité de l'air local.</li> <li>• La deuxième concerne l'évaluation de l'impact régional et examine l'évolution des émissions d'une gamme de polluants (oxydes d'azote, particules, de carbone monoxyde de carbone, hydrocarbures et de carbone) à la suite du fonctionnement du système, considérant que les projets peuvent également avoir des impacts à l'échelle régionale, nationale ou internationale.</li> </ul> <p>Le rapport conseille de réaliser l'évaluation à l'aide des données relatives</p>

	au trafic pour les deux types de scénarios : "Do-minimum" (sans leprojet) et "Do-something» (avec le schéma), pour l'année d'ouverture et éventuellement pour une des autres années à venir.
--	--

Titre du document	<b>Intercomparaison d'outils et de méthodes d'inventaires d'émissions d'origine routière</b>
Auteurs	<b>LACOUR Stéphanie</b>
Commanditaire	<b>ADEME</b>
Date du document	01/03/03
Sujet	Évaluation du parc, du trafic et des émissions de polluants du transport routier en France sur la période 1970-2025.
Objectifs	<p>Cette étude s'inscrit dans un ensemble de travaux cohérents relatifs au transport routier en France. Elle cherche à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- évaluer l'évolution du parc statique, estimer l'évolution du parc roulant</li> <li>- apprécier l'évolution des émissions totales résultant de ce trafic</li> <li>- évaluer l'évolution des émissions unitaires relatives à chacune des catégories de véhicules considérées</li> <li>- effectuer un bilan précis sur la succession des textes et des valeurs réglementaires visant à maîtriser les émissions à l'échappement des véhicules routiers.</li> </ul>
Méthode	<p>Parc statique : la méthode employée procède de manière indirecte. Elle fait appel aux données d'immatriculation des véhicules en France (données du Fichier Central Automobile) ainsi qu'à des lois de survie permettant d'apprécier le rythme de mise à la casse d'une classe d'âge de véhicules en fonction du temps. Cette première étape aboutit à l'évaluation du parc statique.</p> <p>Dans un deuxième temps, les données du parc statique sont combinées à des fonctions d'utilisation des véhicules de manière à obtenir le parc roulant.</p> <p>L'inventaire des émissions de polluants atmosphériques générées par le trafic routier a été conduit en utilisant le logiciel Copert III développé sur la base de la méthode européenne MEET.</p> <p>Les émissions unitaires, ou facteurs agrégés d'émission, sont obtenus, pour une situation donnée, en divisant les émissions totales, exprimées sous forme massique, par le parc roulant qui génère ces émissions, exprimé quant à lui en véhicules.kilomètres.</p>
Résumé de l'étude	<p>Cette étude porte sur les inventaires d'émissions de polluants liées au trafic routier. Une enquête a permis de mettre à jour les données relatives aux outils/logiciels proposés pour la réalisation d'inventaires d'émissions routières en France. Un cas de calibrage a été proposé au distributeur de ces produits et leurs réponses ont été analysées. L'intercomparaison de ces estimations d'émission permet d'évaluer un taux de dispersion autour des configurations du cas de calibrage. Une analyse détaillée permet de déterminer les principaux facteurs à l'origine de ces écarts pour les différents polluants étudiés. On a ensuite</p>

	<p>proposé à des bureaux d'étude de réaliser un inventaire d'émission sur un réseau routier simplifié dans des conditions quasi opérationnelles. Les données de trafic, partiellement tronquées, nous permettent d'évaluer la dispersion autour de certaines variables d'entrées. Les estimations d'émissions nous servent à évaluer un taux de dispersion sur l'inventaire relatif au réseau. Le taux de dispersion des émissions est extrêmement variable selon la substance considérée, ainsi que selon la configuration du calcul. La méthodologie de calcul est parfois mal maîtrisée pour certains polluants, peu classiques et pour lesquels l'ordre de grandeur n'est pas toujours bien déterminé. Certains modes de transports (2-roues), mal connus, et certaines contributions (surémissions à froid) ne sont pas systématiquement pris en compte malgré leur contribution ponctuellement importante. L'application de la méthodologie dans un contexte local est difficile et suscite des questions auxquelles il conviendrait de répondre par une étude transversale spécifiquement dédiée à ce contexte pour diminuer sensiblement la dispersion observée sur les prévisions d'émission.</p>
--	--

Titre du document	Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision
Auteurs	<i>Sami Ben Mena</i> <i>Unité de Mathématique. Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Passage des Déportés, 2. B-5030 Gembloux (Belgique).</i>
Date du document	2000
Sujet et objectifs de l'étude	L'objectif de cet article est de montrer l'intérêt de ces méthodes et d'en présenter les fondements méthodologiques. La diversité de ces méthodes réside dans la façon d'effectuer la synthèse de l'information contenue dans chaque critère. Une classification selon trois grandes approches est alors proposée (agrégations complète, partielle et locale). Au sein de chaque approche sont détaillées les bases théoriques et des cas concrets d'application sont cités. En conclusion, sont soulignées les potentialités des méthodes multicritères et les précautions à prendre lors de leur utilisation.
Résumé/Principaux résultats	<p>Cet article suggère la richesse et les potentialités de l'aide multicritère à la décision, notamment en gestion environnementale.</p> <p>En effet, celle-ci foisonne de nuances qui, contrairement au monopole du simplexe en programmation linéaire, permettent l'élaboration de nombreuses méthodes, voire de variantes de méthodes. Cependant face à cette abondance, se pose le problème du choix.</p> <p>Tout dépend des moyens techniques dont on dispose, du type et de la quantité d'informations qui sont fournies ou recueillies, du type de résultat souhaité, des éventuelles connaissances du décideur en matière d'aide multicritère à la décision. En outre, l'expérience de l'homme d'étude pourra être déterminante.</p> <p>Enfin, une fois la méthode choisie, rien n'interdit d'appliquer et/ou d'adapter d'autres méthodes afin de comparer leurs résultats. Cependant toutes les méthodes ne sont pas aisément adaptables à tous les problèmes. Par exemple, les méthodes d'agrégation locale sont plutôt destinées à des problèmes de choix, moins à des problèmes de classement d'actions. Par contre, si les méthodes de surclassement peuvent couvrir aussi bien des problèmes de choix, de tri ou de classement d'actions, elles ne permettent que partiellement de traiter les cas où le nombre d'actions est infini. Ainsi, un aménagement du territoire implique un découpage non seulement de l'espace mais aussi du temps. Or il existe réellement une infinité de façons de procéder à ce découpage. Aussi faut-il s'arrêter à un nombre fini de variantes suffisamment distinctes afin de pouvoir appliquer la ou les méthodes qui permettront d'effectuer un classement de ces aménagements. Dans un tel problème, le facteur temps constitue en outre une difficulté lors de l'estimation des performances des actions.</p> <p>L'utilisation de diverses méthodes peut aussi donner lieu à une comparaison de leur robustesse. Bien que souvent nécessaire, l'analyse de robustesse peut s'avérer difficile à mener car elle implique de faire varier de nombreux paramètres dont les valeurs initiales sont déjà</p>

	<p>fortement empreintes de subjectivité humaine ou tout simplement d'un manque de connaissances. En outre, l'interprétation de cette analyse et l'élaboration de recommandations synthétiques peuvent s'avérer fastidieuses. Un travail d'informatisation, visant à alléger ces opérations, était simultanément en cours.</p>
--	---

Titre du document	Evaluation of environmental impacts
Auteurs	Emile Quinet (ENPC, Paris), Cours à l'ENPC.
Date du document	2003
Objectifs	Décrire des techniques et des outils appropriés permettant une bonne évaluation des impacts environnementaux qu'ont les transports.
Méthodes	<p>Dans un premier temps, sont recensés les impacts que peuvent avoir les transports sur l'environnement. Sont listés les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Effets esthétiques,</li> <li>- Impacts sur les écosystèmes,</li> <li>- Sur le bruit et les vibrations,</li> <li>- Sur la pollution locale et régionale,</li> <li>- Sur la qualité globale de l'air,</li> <li>- Des impacts urbains (des transports dépendent l'organisation de l'espace, le développement urbain, la localisation des centres d'affaires, les cloisonnements (ghettos), et des conséquences sur le développement économique)</li> <li>- Des impacts sur les ressources naturelles non-renouvelables,</li> <li>- Des impacts en amont et en aval résultant des activités liées au transport.</li> </ul> <p>Ensuite, les objectifs de l'évaluation sont présentés. Il s'agit d'une aide à la décision, ce qui inclut les stratégies d'analyses politiques, les décisions d'investissement, de design et de prix.</p> <p>De plus, l'évaluation, selon son niveau peut avoir différents objectifs. Le premier (le plus simple à mettre en œuvre) consiste à décrire un phénomène. Le second consiste à quantifier les impacts physiques qu'ont les transports sur l'environnement.</p> <p>L'évaluation des impacts environnementaux se fait par étape. On se focalise sur les sources et les cibles ainsi que sur les impacts physiques puis économiques.</p> <p><b>L'auteur préconise la méthodologie suivante pour évaluer les impacts :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Estimer le type et la quantité de gaz,</b></li> <li>- <b>Déterminer comment ils se déplacent dans l'air et les réactions chimiques qu'ils peuvent avoir,</b></li> <li>- <b>Calculer les effets qu'ils peuvent avoir sur les cibles (hommes, végétaux...)</b></li> <li>- <b>Donner un coût monétaire aux dommages causés, ce qui inclus l'estimation de la valeur de la morbidité, de la mortalité ainsi que la diminution de la production agricole.</b></li> </ul> <p>En outre, l'évaluation doit se faire en fonction du type d'impact. L'auteur identifie 3 types d'impacts.</p>

- |  |  |
|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Ceux non-quantifiables (dommages esthétiques). Il n'y a pas de démarche standard pour mesurer ces impacts. On peut mettre en place des questionnaires afin de déterminer la perte. Cette méthode est très liée au site que l'on veut étudier, il est donc difficile de la transposer à un autre.</li><li>- Ceux quantifiables et auxquels on ne peut donner une valeur monétaire (ou alors avec difficulté). (écosystèmes, effets urbains, ressources naturelles non renouvelables). On peut évaluer à l'aide de mesures et/ou d'indicateurs. Pour certains effets quantifiables, il est difficile de donner une valeur monétaire.</li><li>- Ceux que l'on peut quantifier et auxquels l'on peut donner une valeur monétaire. (émissions de polluants dans l'air, pollution locale et régionale de l'air, pollution globale de l'air, bruit, impacts en amont et en aval).</li></ul> |
|--|--|

### 3.1.1 - Etudes portant sur des évaluations a priori

#### 3.1.1.a - Méthode de définition de la limite de vitesse socialement optimale

Titre du document	Optimal social speed limits in a highway : Suitability of the 120km/h speed limit in Barcelona, Spain	
Auteurs	F. Robusté, M. Vélez, O. Thorson, A. Lopez-Pita, Université de Catalogne, Centre pour l'Innovation dans les Transports.	
Commanditaire		
Date du document	2003	
Sujet	Mise en place d'une méthodologie pour déterminer la limitation de vitesse optimale	
Objectifs annoncés	Trouver quelle est la limitation de vitesse optimale, c'est-à-dire celle présentant les coûts sociaux les plus faibles.	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Barcelone (Espagne) sur un réseau autoroutier interurbain.	
Impacts attendus	Déterminer la vitesse sociale optimale.	
Méthode utilisée	<b>Modélisation</b>	
Indicateurs et valeurs utilisés	Sécurité	Taux d'accidents
	Environnement	Émissions de gaz, pollution sonore, consommation de carburant, contribution à l'effet de serre (La pollution environnementale est estimée globalement à 2 957 953€ en 1999 dont la moitié attribuée aux autoroutes ; la pollution sonore à 15% de la production totale des aires urbaines et la tonne de CO2 est quant à elle estimée à 46€ la tonne.
	Socioéconomique	Coût social = coût lié au taux d'accident (228651 € pour les accidents mortels, 12745€ pour les accidents avec blessés et 1338€ pour les accidents matériels.)
	Usagers	Temps gagné, confort de la conduite, préférence du conducteur (En ce qui concerne le temps gagné, une valeur est attribuée à la

		valeur du temps: Méthode de calcul estimée par Robusté, 2000. En ce qui concerne les préférences des usagers, sont pris en compte la vitesse, le confort, la sécurité, le prix du péage et une taxe que l'utilisateur est prêt à payer pour rouler à l'allure qu'ils veulent.)
Résultats obtenus	D'après cette étude, le coût social minimal est lié à une vitesse de 124km/h	

Titre du document	Évaluation de l'impact du trafic sur les régions traversées – application au trafic transalpin de marchandises.
Auteurs	Raphaëlle Arnaud (Laboratoire d'Intermodalité des Transports Et de Planification, Lausanne), EPFL
Contexte	Recherche
Date du document	28/02/07
Sujet	Évaluer l'impact d'un transfert modal (rail/route) et/ou spatial (différents itinéraires) du trafic transalpin de marchandises sur la durabilité des régions traversées.
Objectifs annoncés	Développer une méthode générique applicable à l'ensemble du segment alpin et permettant d'évaluer l'impact du trafic routier et ferroviaire transalpin de marchandises sur les régions traversées, observer l'effet induit par un changement de la répartition modale et/ou spatiale, comparer la situation dans différentes régions et le long des différents corridors à l'aide d'indicateurs relativement simples.
Méthode	La méthode utilisée est celle de la <b>modélisation du trafic</b> . Au moyen de scripts et de modèles développés dans un SIG, les volumes de trafic circulant sur les différents tronçons des réseaux routiers et ferroviaire sont modélisés. Une distinction est faite entre le trafic diurne et nocturne, entre le trafic de voyageurs et celui de marchandises et enfin entre le trafic transalpin de marchandises et celui ne transitant pas à travers les Alpes. Sur ces bases, on calcule les émissions/immissions (concentration) induites par les trafics ferroviaires (bruit) et routier (bruit, pollution de l'air) et on élabore des scénarios de transfert modal et spatial. Les émissions induites par le trafic routier sont calculées sur la base des coefficients d'émissions disponibles dans le « Manuel Informatisé des Coefficients d'Emissions du Trafic Routier ».

	Les immissions sont calculées à partir d'un modèle de dispersion Gaussien.
Indicateurs utilisés	Bruit du train : Nombre de trains par heure, longueur du train, vitesse du train, type de train, type de frein. Bruit du trafic routier : modèle STL 86 modifié par l'EMPA. Nombre de véhicules par heure, proportion de poids lourds, vitesse moyennes.
Situation de référence	<p>Le trafic transalpin de marchandises est concentré sur trois principaux corridors: le Gothard (rail et route), le San Bernardino (route) et le Lötschberg – Simplon (rail), alors que les trafics routier et ferroviaire sont bien répartis sur l'ensemble du réseau suisse, .</p> <p>A l'échelle nationale, les résultats montraient au moment de l'étude que le trafic routier de marchandises est responsable de 20% des émissions de CO<sub>2</sub> (1,6 millions de tonnes) et de la majorité des émissions de particules (PM – 59%) et de dioxydes d'azote (NO<sub>x</sub> - 51%) et environ 13 % de la population, soit presque un million de personnes, sont soumises à des valeurs de bruit diurnes dépassant la valeur limite de 65 dB.</p> <p>Le trafic routier transalpin de marchandises, participe à environ 12% des émissions induites par l'ensemble des poids lourds marchandises en Suisse. Ce trafic, qui est à l'origine de 2,5% des émissions de CO<sub>2</sub> soit 192645 tonnes, est responsable de 7% des émissions de PM ( 50% sur certains tronçons),et de 6% des émissions de No<sub>x</sub>.</p>
Résultats	<p>Le scénario de transfert modal et spatial envisagé permet de réduire d'environ 40% les émissions induites par le trafic transalpin de marchandises.</p> <p>Compte tenu de la complexité que cela engendre, les dimensions environnementale, sociale et économique associées au concept de développement durable sont encore rarement considérées dans une seule et même recherche.</p> <p>La complexité de l'évaluation de la durabilité réside non seulement dans la prise en compte des trois dimensions du développement durable mais également dans la considération de la <b>dimension temporelle</b> du développement durable qui fait référence à la notion d'<b>équité entre les générations et de la dimension spatiale</b> ou territoriale qui fait référence à la <b>notion d'équité au sein d'une même génération</b>.</p> <p>Cet article montre l'intérêt de l'<b>approche géographique</b> pour traiter de la dimension spatiale du développement durable ainsi que pour aborder un thème encore peu considéré, les <b>inégalités environnementales</b>.</p>

Titre du document	Reducing speed limits on highways : Dutch experiences and impact on
-------------------	---

	air pollution, noise level, traffic safety and traffic flow.	
Auteurs	Ministère du trafic et du transport	
Commanditaire	Ministère du trafic et du transport des Pays-Bas	
Date du document	2005	
Sujet	Réduire la vitesse à 80km sur certaines portions de certaines autoroutes (essentiellement au niveau des goulots d'étranglements)	
Objectifs annoncés	Mesurer les effets sur la qualité de l'air, le bruit, sur le trafic (flux et homogénéisation)	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Pays-Bas avec un type de réseau autoroutier urbain	
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Non précisés	
Impacts attendus	Des impacts sont attendus sur le <b>trafic</b> , sur la <b>sécurité</b> , <b>l'environnement</b> et sur la <b>société</b> (économique et usagers) cependant, ils ne sont pas chiffrés ni clairement identifiés.	
Méthode utilisée	On <b>compare la situation après</b> l'introduction de ce dispositif <b>avec une situation de référence</b> .  Avant de mettre en œuvre cette comparaison, le modèle de KEMA-STACKS a été utilisé pour calculer et visualiser la dispersion de polluants comme SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , les particules et l'odeur ; le modèle de dynamique microscopique VISSIM a été utilisé pour simuler le flux du trafic et le modèle Silence 2.4 pour le bruit.	
Indicateurs utilisés	Trafic	Flux de circulation, vitesse de circulation, homogénéisation du trafic, différences de vitesses entre les voitures et les camions, effet sur les goulots d'étranglements
	Sécurité	Nombre d'accidents, nombre de victimes, risque d'accident, risque de victime
	Environnement	Qualité de l'air, niveau du bruit
Résultats obtenus	<p>Cette mesure peut s'avérer non pertinente du fait que par définition les autoroutes sont des endroits fait pour rouler plus vite. Cependant, étant donné que cette mesure concerne des endroits ciblés, elle semble <b>pertinente et répondre aux problèmes rencontrés dans ces situations</b></p> <p>La mesure est <b>fiable</b> et elle <b>peut être étendue</b> à d'autres endroits où il y a des goulots d'étranglement.</p> <p>On remarque une <b>diminution de la vitesse moyenne</b>, une <b>homogénéisation</b> du <b>trafic</b>, des différences de vitesse réduite entre les</p>	

voitures et les camions et une **diminution** des bouchons **et de la congestion**

**Diminution des accidents** de 60% et du nombre de victimes de 90%. La **sécurité est améliorée** du fait des vitesses plus faibles et d'une moins grande disparité de vitesse entre camions et voitures. En moyenne, le risque d'accidents diminue de 35% et celui de victimes de 47%

Les **émissions diminuent d'environ 10-20%** ce qui entraîne une amélioration de la qualité de l'air de 2-5%. Cela est particulièrement observable pour les situations de congestion car la vitesse a plus significativement diminuée à ces endroits. On constate également une **diminution du bruit** mais cela ne dépend pas uniquement de la vitesse. Il faut prendre en compte la composition du trafic, le type de revêtement et la présence ou non de barrières anti-bruit

Cette **mesure est acceptée par une large partie de la population car elle y trouve des bénéfices**. D'un point de vue économique, cette mesure s'avère pertinente car elle coûte bien moins cher lorsque l'on la compare à d'autres mesures.

Titre du document	An energy and emission impact evaluation of Intelligent Speed Adaptation (ISA)	
Auteurs	Oscar Servin, Kanok Boriboonsomsin, Matthex Barth (Université de Californie)	
Commanditaire	Non connu	
Date du document	2006	
Sujet	Grâce aux dernières technologies de transport intelligent, le contrôle de la vitesse peut être amélioré par l'utilisation d'un programme de gestion de la vitesse des véhicules.	
Objectifs annoncés	<b>Atténuer la congestion en fluidifiant le trafic, diminuer la consommation d'essence et les émissions polluantes sans affecter significativement les temps de parcours</b>	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Californie sur du réseau autoroutier (urbain, interurbain, périurbain)	
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Grâce à la collaboration des ITS, l'on peut mettre en œuvre trois méthodes de gestion de la vitesse (fixe, variable, ou dynamique) et choisir comment l'ISA qui intervient sur le comportement du conducteur (conseil, support actif, contraignant).	
Impacts attendus	Des impacts sont attendus sur le trafic, sur l'environnement ainsi que sur la consommation d'énergie mais ils ne sont pas quantifiés. L'impact sur la sécurité n'est pas étudié.	
Méthode utilisée	Deux méthodes sont mises en œuvre. La première consiste en une <b>simulation</b> en fonction de données de trafic paramétrées. La seconde est une <b>évaluation de test en situation réelle</b> . Elle consiste à mesurer les émissions et consommations de deux véhicules (l'un est équipé du dispositif -ISA-, l'autre non).	
Indicateurs utilisés	Énergie	Consommation d'essence
	Environnement	Émissions de CO <sub>2</sub> , CO, HC, Nox
	Trafic	Temps de parcours
Résultats obtenus	<p><b>Simulation</b></p> <p>Les temps de parcours sont augmentés de seulement 7%. Pourtant le modèle montre également que le temps de parcours peut diminuer d'environ 15% lorsque tous les véhicules sont équipés du dispositif et que les niveaux de services sont faibles. La consommation d'essence diminuerait de 37%.</p> <p>Dans une situation où le niveau de service offert par la route (défini comme le ratio du flux de trafic divisé par la capacité de l'autoroute) est de catégorie E (ie que la vitesse moyenne est de 48km/h) les gains calculés sont : -34% d'émission de CO<sub>2</sub>, -85% de CO, -69% de HC,</p>	

	<p>-74% de Nox.</p> <p><b>Conditions réelles</b></p> <p>Le temps du parcours est augmenté de 6%. Entre les deux véhicules (avec le dispositif et sans le dispositif) la consommation est de 13% inférieure pour le véhicule ayant le dispositif.</p> <p>Le véhicule ayant le dispositif a émis 13% de CO2 de moins, 48% de CO de moins, 41% de HC de moins et 37% de Nox de moins.</p>
Leçons apprises	L'évaluation a priori par simulation et l'évaluation de tests en dimension réelle sont complémentaires. La seconde permet d'infirmier ou confirmer les résultats de la modélisation.

Titre du document	Mise en œuvre d'un observatoire de la qualité de l'air- Bouclage de l'A86 à l'ouest Système de cartographie de la qualité de l'air
Auteurs	AIRPARIF
Commanditaire	COFIROUTE
Date du document	01/05/10
Sujet	Système de cartographie de la qualité de l'air
Objectifs annoncés	<b>L'objectif du document est de décrire le système cartographique et de présenter les résultats obtenus sur la base de deux campagnes de mesures de 6 semaines mises en place pour évaluer l'état initial de la qualité de l'air autour du Duplex A 86 avant son ouverture.</b>
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Ile de France Duplex A 86
Logiciel utilisés	Modèle MM5 du National Center for Atmospheric Research pour modéliser la pollution de fond + modèles de dispersion CALPUFF et ADMS-Urban
Méthode utilisée	Couplage entre les outils de simulation et mesures développées et mises en place. La pollution de fond est estimée sur la base des résultats issus du système de prévision à l'échelon régional ESMERALDA et des mesures du réseau permanent
Indicateurs mesurés	NO2 PM 10 PM2,5
Résultats obtenus	Les analyses effectuées mettent en évidence une nette amélioration de l'évaluation de la pollution de fond par la méthode de couplage entre les mesures et les sorties du système de modélisation régionale par rapport à l'exploitation des sorties brutes du système de modélisation. Cette méthodologie permet de réduire pour chacun des polluants de manière importante les biais du modèle et la variabilité de l'erreur. Ainsi l'écart-type sur le CO est ramené à des valeurs proches de la sensibilité des appareils. Concernant les biais, la correction apportée pour le NO2 est particulièrement importante dans la zone périphérique de l'ouest de l'agglomération parisienne. En zone rurale, cette méthode peut occasionner des biais positifs pour les particules PM10 et PM2,5, ainsi que pour le NO2 . L'évaluation des deux modèles de dispersion haute résolution montre que les deux versions utilisées présentent des performances proches. Néanmoins CALPUFF présente généralement les meilleures performances



## **Etudes d'évaluation a priori**

Etudes d'impact de nouveaux systèmes d'aide à l'utilisateur

Titre du document	<b>Aspects méthodologiques de l'étude SKY project-</b> Skid Incident Information Service
Auteurs	IT&ITS Engineering Department NISSAN MOTOR CO.,LTD Tel +81-50-2029-1028 masao-f@mail.nissan.co.jp
Commanditaire	Projet privé- 4 partenaires
Date du document	01/01/09
Sujet	<p>Le projet SKY est un essai sur le terrain d' applications déjà disponibles sur le marché ou à venir. Elle est réalisée par un grand nombre de gens ordinaires dans des conditions réelles de circulation. Le projet SKY a commencé avec plusieurs initiatives telles que le test de vitesse intelligent consultatifs avec 2.000 participants autour des écoles primaires, l'évitement des collisions aux intersections en utilisant V2I avec le même nombre de participants, la sécurité des petits enfants de trafic utilisant la technologie RFID avec 300 participants, la sécurité des piétons à l'aide par téléphone cellulaire GPS 700 participants, de détresse sur la route d'hiver de 150 participants, véritable sonde de voiture le temps de collecte de données par 2.700 véhicules, etc</p> <p>Ce FOT avait pour but de mesurer l'efficacité de Skid Incident Service d'information sur les routes d'hiver et son acceptabilité par les utilisateurs .</p>
Objectifs	Aider à réduire les accidents de la circulation et diminuer la congestion du trafic facilité en utilisant une collaboration avec l'infrastructure, en plus de la technologie dans les véhicules eux-mêmes. : Utilisation des informations sur l'état des véhicules à proximité et l'environnement de la circulation .
Méthode utilisée	<p>Test de terrain avec et sans le système d'information + enquête usagers Réalisation du test :</p> <p>Première série de tests avec 1 véhicule et 1 téléphone mobile. Deuxième série de tests avec 5 véhicules et 50 téléphones portables. Recrutement des pilotes participants au test : 5.000 clients Nissan, qui vivent dans la zone d'essai et possédant une carte pré-payée.</p> <p><b>Méthode pour la situation de référence</b> ( système éteint pendant une période de temps spécifique, kms)</p> <p>Techniques de mesure et de collecte de données</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de données incident Skid.</li> <li>• Données de communication.du GPS des téléphones mobiles</li> </ul>

- Réponses des participants aux enquêtes par questionnaire.

Les performances du système ont été estimée en utilisant les données stockées et l'acceptabilité par les utilisateurs estimée à partir des enquêtes.

### 3.2 - Études portant sur des évaluations a priori

Titre du document	<b>Etude préliminaire d'assainissement du bruit routier dans l'ouest vaudois</b>
Auteurs	<b>B+C Ingénieurs SA</b> Lausanne
Commanditaire	recherche
Date du document	2010
Sujet	Étude préliminaire d'assainissement du bruit routier pour les routes cantonales et communales principales comprises dans le périmètre du Schéma directeur de l'Ouest lausannois (SDOL).
Objectif de l'étude	Elle avait comme principaux objectifs les éléments suivants : - Identifier, sur le territoire du SDOL, les différents axes routiers nécessitant la mise en place d'une étude d'assainissement du bruit routier - Documenter les principales données à disposition - Evaluer l'importance des dépassements des valeurs légales en termes de bruit routier (OPB), sur la base du trafic actuel et du trafic projeté à l'horizon 2030. - Définir les lignes directrices d'assainissement phonique dans l'optique des futurs dossiers d'assainissement du bruit routier.
Méthode utilisée	La simulation multimodale du trafic réalisée sur le modèle EMME/3. NB : l'objectif est de donner une image de la problématique des nuisances sonores actuelles et futures sur le périmètre du SDOL. Ainsi, les options stratégiques suivantes ont été validées : - Travailler sur la base des TJM 2020 issus de l'étude Transitec-RGR, en se rattachant aux données fournies par le SR sur les routes cantonales hors localité, - En lieu et place d'un trafic TJM 2030, réaliser une analyse de sensibilité par rapport au trafic 2020 en prenant en compte une évolution des émissions sonores de + 1 et + 2 dB(A) à terme (soit des scénarios : statut quo 2020, 2020 + 1 dB(A), et 2020 + 2 dB(A)).  L'évaluation de l'intensité des nuisances sonores émises par les axes routiers se base sur le modèle empirique STL-86+, édité par l'OFEV, Le niveau acoustique d'émission $Leq,e$ est calculé selon la relation mathématique suivante :  $Leq,e = 43 + 10 \cdot \log \left[ \left( 1 + \left( \frac{v}{50} \right)^3 \right) \cdot \left( 1 + 20 \cdot \eta \cdot \left( 1 - \frac{v}{150} \right) \right) \right] + 10 \cdot \log THM$  Avec les paramètres suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>Leq,e</math> niveau sonore à la source [dB(A)]</li> <li>• <math>v</math> vitesse réelle de circulation [km/h]</li> <li>• <math>\eta</math> part du trafic bruyant [-]</li> </ul>

	<p><b>THM</b> trafic horaire moyen [véh./h]</p> <p>Un modèle simplifié de propagation des ondes sonores a été utilisé. Ce dernier considère simplement la décroissance des niveaux sonores en fonction de la distance à l'axe.</p>
Indicateurs	<p>Taux journalier moyen de trafic</p> <p>Trafic horaire moyen en situation diurne [véh./h]</p> <p>Trafic horaire moyen en situation nocturne [véh./h]</p> <p>Vitesse effective des véhicules</p> <p>Taux de véhicules bruyants (estimés par type de voie)</p>

### 3.3 - Études portant sur les méthodes de tests -terrains

Titre du document	Aspects méthodologiques de l'étude naturaliste de conduite et de tests opérationnels sur le terrain
Auteurs	Dipl.-Psych. Henning Matthias, Dipl.-Ing. Eric Richter, Dipl.-Inf. Lietz Holger, Prof Krems Josef, professeur Gerd Wanielik Contact : <u>Dipl.-Psych. Tibor Petzoldt</u> Université de Chemnitz, faculté de psychologie cognitive et ingénierie
Commanditaire	recherche
Date du document	2010
Sujet	<p>Ce projet vise à élaborer des lignes directrices méthodologiques et techniques et tente d'inclure les aspects suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la réduction de la planification / effort technique</li> <li>• description et analyse des besoins techniques pour l'acquisition de données</li> <li>• analyse des méthodes pour améliorer la signification des données de conduite qui est habituellement de grande variabilité et de faible standardisation</li> <li>• Analyse des résultats des études de type différents : expérience par rapport au essais terrain en utilisant les données disponibles</li> <li>• déduction de recommandations pour les échantillons (nombre de conducteurs, véhicules, ...), les données de log, de réduction des données, analyse statistique</li> </ul> <p>définition des besoins de recherche</p> <p>Plusieurs études de conduite naturalistiques ont tenté d'évaluer l'impact de nouveaux systèmes sur le comportement au volant, parfois aussi l'expression des besoins d'aide dans la conduite quotidienne.</p>
Méthode utilisée	<p>Ces études, qui ne suivent pas une démarche expérimentale, essaient de décrire d'une manière descriptive le comportement de conduite naturelle, à partir de la masse de données recueillies.</p> <p>La procédure typique est le suivant:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• équiper plusieurs véhicules expérimentaux avec des instruments de mesure</li> <li>• les confier à un grand nombre de participants pour un usage quotidien«naturel»</li> <li>• recueillir des données</li> <li>• analyser les données</li> <li>• interpréter les résultats</li> </ul> <p><b>L' inconvénient majeur</b> d'une telle approche est un certain manque d'objectivité en termes d'indépendance de l'expérimentateur.</p> <p>D'autre part, l'approche représente un moyen classique pour décrire les situations de départ, identifier des références ou tester de nouveaux</p>

	systèmes.
--	-----------

Titre du document	<b>Aspects méthodologiques de l'étude SKY project- Skid Incident Information Service</b>
Auteurs	IT&ITS Engineering Department NISSAN MOTOR CO.,LTD Tel +81-50-2029-1028 masao-f@mail.nissan.co.jp
Commanditaire	Projet privé- 4 partenaires
Date du document	01/01/09
Sujet	<p>Le projet SKY est un essai sur le terrain d' applications déjà disponibles sur le marché ou à venir. Elle est réalisée par un grand nombre de gens ordinaires dans des conditions réelles de circulation. Le projet SKY a commencé avec plusieurs initiatives telles que le test de vitesse intelligent consultatifs avec 2.000 participants autour des écoles primaires, l'évitement des collisions aux intersections en utilisant V2I avec le même nombre de participants, la sécurité des petits enfants de trafic utilisant la technologie RFID avec 300 participants, la sécurité des piétons à l'aide par téléphone cellulaire GPS 700 participants, de détresse sur la route d'hiver de 150 participants, véritable sonde de voiture le temps de collecte de données par 2.700 véhicules, etc</p> <p>Ce FOT avait pour but de mesurer l'efficacité de Skid Incident Service d'information sur les routes d'hiver et son acceptabilité par les utilisateurs .</p>
Objectifs	Aider à réduire les accidents de la circulation et diminuer la congestion du trafic facilité en utilisant une collaboration avec l'infrastructure, en plus de la technologie dans les véhicules eux-mêmes. : Utilisation des informations sur l'état des véhicules à proximité et l'environnement de la circulation .
Méthode utilisée	<p>Test de terrain avec et sans le système d'information + enquête usagers Réalisation du test :</p> <p>Première série de tests avec 1 véhicule et 1 téléphone mobile. Deuxième série de tests avec 5 véhicules et 50 téléphones portables. Recrutement des pilotes participants au test : 5.000 clients Nissan, qui vivent dans la zone d'essai et possédant une carte pré-payée.</p> <p><b>Méthode pour la situation de référence</b> ( système éteint pendant une période de temps spécifique, kms)</p>

	<p>Techniques de mesure et de collecte de données</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base de données incident Skid.</li> <li>• Données de communication du GPS des téléphones mobiles</li> <li>• Réponses des participants aux enquêtes par questionnaire.</li> </ul> <p>Les performances du système ont été estimées en utilisant les données stockées et l'acceptabilité par les utilisateurs estimée à partir des enquêtes.</p>
--	--

### 3.4 - Études d'évaluation a posteriori

Ces études sont ou non précédées d'une étude a priori, selon le cas, .

Auteurs	Université Technique de Catalogne et Centre de supercalcul de Barcelone.
Commanditaire	Administration régionale de Catalogne
Date du document	07/05/10
Sujet	Ce document traite de l'impact d'une mesure de réduction de la vitesse de 100 km/h (ou 120 km/h) à 80 km/h.
Objectifs annoncés	Il est de comparer quelle est l'évolution des émissions des polluants ainsi que des gaz à effets de serre et la consommation de carburant.
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Barcelone (Catalogne, Espagne) sur les autoroutes et rocade d'accès au centre de Barcelone.
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	
Impacts attendus	Variation des émissions de polluants et de la consommation.
Méthode utilisée	<p><b>Observation et simulation.</b></p> <p>La simulation consiste à combiner les données liées au trafic à une troisième génération de système de modélisation (WRF+HERMES+CMAQ+BSC-DREAM8b).</p> <p>De plus <b>la méthode utilisée consiste à effectuer une comparaison avant/après.</b> Sont ainsi prises en compte deux années entières (2007 et 2008). Une attention particulière est portée sur le fait que les conditions météorologiques soient comparables afin de bien identifier les évolutions liées à la mesure prise. 125 points de mesures ont été effectués et des relevés sont faits toutes les heures.</p> <p>Le modèle utilisé présente une nouvelle approche. Il définit le réseau routier en le divisant en sections selon un profil de démontage provisoire (en distinguant le type de journée (jour ouvré, vacance) et le mois), il tient compte de la vitesse moyenne spécifique à chaque section, de la moyenne de trafic (nombre de véhicule par jour), de la longueur de</p>

	la section, du type de route (autoroute, route, route urbaine) et des zones de circulation.
Indicateurs utilisés	Données de trafic (Q,V,T) CO2, CO, Nox et particules fines (10 et 2,5)
Résultats obtenus	<p>Les bénéfices de cette mesure ne se limitent pas à une réduction des émissions de polluants. Cela réduit la congestion des infrastructures routières, le bruit et les accidents de la route.</p> <p>Le modèle de simulation tend à sous-estimer légèrement les émissions. Pour l'ensemble de l'agglomération de Barcelone les erreurs sont de l'ordre de 10%.</p> <p>En ce qui concerne les impacts liés à la mesure de réduction de la vitesse, on peut mettre en avant les éléments suivants. La vitesse diminue dans les faits 92km/h en moyenne à 78km/h (en moyenne).</p> <p>L'intensité du trafic est restée la même, ce qui indique que les diminutions des émissions sont liées à la diminution de la vitesse et non à la diminution du trafic ou de son intensité.</p> <p>D'après les mesures, on observe une diminution des consommations d'environ 4% (soit environ 42 tonnes par jour de moins -essence, diesel). Les émissions de CO2 étant directement liées à celle du carburant, sa diminution est d'environ 4% (soit une diminution de 94 000 tonnes par an).</p> <p>Du point de vu de l'émission de polluants, on observe une diminution d'environ 4% également.</p> <p>Il est à noter que si l'on ne considère que les zones où la vitesse est contrôlée les réductions sont de l'ordre de 10% (-10,4% de consommation d'essence, -10,98% de Nox, -14,81 de CO, -12,47 pour les PM2,5 et -10,99% pour les PM10).</p> <p>Les impacts sur la santé de la population sont également positifs : réduction de la mortalité de 0,6%, augmentation de l'espérance de vie de 0,15 mois. Cette mesure concerne approximativement 41% des habitants de l'aire métropolitaine.</p>

Titre du document	Evaluation of traffic management measures in accident reduction under mixed traffic
Auteurs	Vivian Robert R et A. Veeraragavan (Université de Bangalore, Département d'Ingénierie Civile)
Commanditaire	
Date du document	14/12/04
Sujet	Le document traite de la conversion de voies à doubles sens en voies à

	sens unique et de la mise en place de terres pleins centraux sur les voies à double sens.
Objectifs annoncés	L'objectif de la mise en place de ce dispositif est de <b>réduire le nombre d'accidents</b> sur les routes.
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Le dispositif a été mis en place dans certains endroits de la ville de Bangalore en Inde et concerne un <b>réseau routier urbain</b> .
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Non
Impacts attendus	Amélioration de la <b>sécurité des usagers</b> .
Méthode utilisée	<b>Comparaison avant/après</b> la mise en place du dispositif
Indicateurs utilisés	Conditions de trafic : Géométrie de la voie, volume du trafic, vitesse, longueur des trajets après la mise en place de la mesure, le Sécurité : les données d'accidentologie fournies par la police avant et après la mise en place du dispositif. Pertinence et reproductibilité : Coûts économiques
Résultats obtenus	Concernant la <b>sécurité</b> , La mise en place des voies à sens unique a réduit de 32% les accidents mortel, de 34% les accidents avec blessés et de 18% les accidents matériels. D'un autre côté, le dispositif des terres pleins permet de réduire de 40% les accidents mortels, de 43% ceux non mortels et ceux liés aux dommages matériels.  Pour ce qui est du point de vue <b>socioéconomique</b> , la mise en place des voies à sens unique a des conséquences négatives d'un point de vue économique, ce qui ne justifie pas la mise en place de cette mesure. En revanche, la mise en place de terre pleins est justifiée économiquement car il y a un net bénéfice pour la société.

Titre du document	ATM Monitoring and Evaluation 4-Lane Variable Mandatory Speed Limits 12 Month Report (Primary and Secondary Indicators)
Auteurs	Highways Agency
Commanditaire	Le Gouvernement britannique
Date du document	30/06/08
Sujet	Ce document est relatif à l'évaluation de la mise en place, sur les 4 voies d'un autoroute, d'une <b>régulation dynamique</b> de vitesse par une limitation de la vitesse. Le dispositif prévoit aussi l'ouverture à la circulation de la bande d'arrêt d'urgence ainsi que la mise en place d'aires de refuge d'urgence.
Objectifs annoncés	<b>Utiliser l'infrastructure de manière plus efficace, répondre plus rapidement aux accidents</b> et <b>réduire la durée des interventions</b> ,

	<b>réduire la congestion et augmenter la fiabilité des temps de parcours.</b>	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Le dispositif est mis en place sur une portion de l'autoroute M42 à proximité de Birmingham. Il s'agit d'un réseau autoroutier urbain et périurbain.	
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	L'autoroute est équipée de portiques sur lesquels sont mis en place des <b>PMV</b> permettant de réguler la vitesse en dynamique.	
Impacts attendus	Ils concernent le trafic, la sécurité et l'environnement mais ils ne sont pas explicités ni mesurés.	
Méthode utilisée	<p>Pour effectuer une évaluation fiable, la méthode retenue est celle d'une <b>comparaison Avant/Après</b>.</p> <p>On notera que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour que les résultats soient pertinents, la méthode consiste à comparer des périodes similaires et comparables;</li> <li>l'évaluation des l'impact environnemental est estimé à partir des données de trafic relevées.</li> </ul>	
Indicateurs et données utilisés	Trafic	Temps de parcours moyen, variation dans les temps de parcours, conformité aux limitations de vitesse, différence de vitesse entre les voies, durée d'une vitesse inférieure à x, fréquence d'une vitesse inférieure à x, taux d'occupation des voies, distribution du trafic, distribution de la vitesse des véhicules, nombre de véhicules par heure.
	Sécurité	Nombre et gravité des accidents, les différences de vitesse en les voies, le taux d'utilisation des voies, la distribution de la vitesse
	Environnement	Émission et qualité de l'air, bruit
	Usagers	Réponse aux questionnaires
	Pertinence	Meilleure utilisation de l'infrastructure
Résultats obtenus	La capacité de l'autoroute a augmentée de 7-9%. Les journées sont plus «lissées», la mise en place de cette mesure prévient l'occurrence de	

faibles vitesses et de la congestion. Les moyennes des temps de parcours sont plus faibles. La variabilité des temps de parcours diminue de 22% à 32% selon les cas.

Le nombre de **personnes blessées a diminué de 5,08 par mois (sans régulation) à 1,83 par mois** avec la régulation. De plus, **l'indice de gravité**, bien qu'étant au dessus de la moyenne nationale, a **diminué**.

**La consommation d'essence est également réduite de 4%.**

On note que les réductions des émissions sont similaires à celles obtenues lors de deux études relatant l'impact d'une limitation de vitesse variable sur l'autoroute M25.

**Les émissions des véhicules sont réduites de 4-10%.**

On estime une **réduction du bruit de 1,8-2,4 dB.**

En 2007, 30% des usagers faisant de la longue distance trouvent que la M42 est plus agréable que les autres autoroutes (16% en 2003) et qu'il est plus facile de circuler sur cette autoroute que par le passé (accès, changement de voie, sortie). Les signalisations en place ne sont pas toujours bien comprises par les usagers.

Titre du document	UK-M8 Motorway Ramp Metering (TABASCO PROJECT)	
Auteurs	Steve Tarry et Martin Pyne (FaberMaunsell)	
Commanditaire	Commission européenne	
Date du document	09/02/04	
Sujet	Présentation de l'évaluation de la mise en place d'une <b>rampe d'accès</b> sur l'autoroute M8 (Ecosse) et de son intégration dans les expériences de gestion de trafic urbain.	
Objectifs annoncés	<b>Changer le comportement des usagers, rendre plus lisse le flux de circulation principal, et réduire le trafic.</b>	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Autoroute M8, Glasgow, Ecosse	
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Création d'une bretelle d'accès, mise en place de panneaux à messages variables et d'un signal de contrôle dynamique	
Impacts attendus	Réguler le flux et limiter la congestion ainsi que les retards dus aux intersections.	
Méthode utilisée	<b>Comparaison pendant et après</b> la mise en place de ce dispositif à partir des données disponibles	
Indicateurs utilisés	Pertinence	Le dispositif est-il efficace ?
	Environnement	Volume de HC, Nox, CO, niveau sonore
	Socio-Économique	Conflits institutionnels, Procédures législatives, économie réalisée, retour sur investissement
	Usagers	Fiabilité de l'information, réduction du temps de trajet, fiabilité du trajet
Résultats obtenus	<p><b>Trafic :</b>  Augmentation du volume de trafic, diminution des temps de parcours de 13%, en moyenne la longueur des files d'attentes diminue de 14% et la capacité de l'autoroute est augmentée de 6%</p> <p><b>Sécurité :</b>  Pas de collecte statistique mais il s'avère que la création de cette rampe d'accès n'a pas entraîné une augmentation des accidents</p> <p><b>Environnement :</b>  Baisse de la concentration en NOX de 11% à 8% selon les horaires</p> <p><b>Usagers :</b>  40% des usagers ont modifiés leur trajet après avoir vu le message et</p>	

	70% pensent que la nouvelle route augmente leur temps de parcours.
--	--

Le tableau ci-après présente de façon plus général les résultats des évaluations de différents projets réalisés par l'agence des voies rapides (Highway Agency) de Grande-Bretagne selon des méthodes similaires et pour lesquelles l'évaluation environnementale se base sur la modélisation de données de trafic observés :

Evaluation of Highways Agency Programme of Major Schemes: Carbon, Traffic, Accidents | 2010 updated version

Scheme Name	Actual opening year	Data Source for Prediction (200+ Evaluation of Statement) (2010+ Approval Business Table) (2014+ Roads Review) (2014+ Scheme Approval Report)	Date of Data Source	Estimated Carbon emissions (tonnes net difference in opening year)				Traffic in the Opening Year (Annual Average Daily Traffic)		Accidents (Personal Injury Accidents per year)		
				Prediction		Evaluation estimate using observed traffic data		Appraisal	Evaluation	Appraisal	Evaluation	
				Original data (as stated on data source) CO2	Original data converted to Carbon	POPE recalculation of forecast	POPE evaluation	Method used in POPE calculation	Predicted AADT	Observed AADT	Predicted PIA saving (opening year)	Observed annual PIA saving (average 5 years after opening)
<b>Schemes with detailed carbon emission predictions</b>												
A1(M) Ferrybridge - Hook Moor	2006	ES	Feb-05	-3000	-818	5800	2520	DMRB	63,500	56,500	-*	-*
A11 A66borough Bypass	2007	ES	Jun-04	2439	665	590	-440	COBA	25,000	27,000	-2.2 <sup>a</sup>	-*
A14 Hockley Crossroads GSI	2006	AST	Mar-02	460	125	-50	-60	COBA	32,500	37,500	5.9	-*
A2 Bean - Cobham Phase 1 Bean - Pepperhill	2004	AST	2001	73	20	410	900	DMRB	135,000	125,500	-*	-*
A249 Leeds - Guisborough Improvement	2006	ES	1999	263	72	400	100	DMRB	28,500	29,000	1.7	-*
A27 Southham to Beddington Improvement	2006	AST	2005	710	193	248	56	DMRB	34,000	31,000	6	-*
A30 Bodmin Indian Queens	2007	AST	Mar-05	6794	1828	1240	3350	COBA	21,000	31,000	5.8	-*
A30/A362 Merrywell Junction	2006	AST	2005	416	113	40	0	COBA	21,500	25,500	4	-*
A34 Chisleley/M1 J13 Improvement	2004	AST	2000	-16	-4	-*	-*	-	28,500	37,000	3.5	18.5
A419 Commonhead Junction	2007	AST	Jan-05	768	209	-*	-1140	DMRB	43,000	40,000	2.9	-*
A421 Great Barford Bypass	2006	AST	Aug-04	3320	805	1150	1610	COBA	21,500	25,000	3.8	-*
A428 Cardon Common to Hardwick Improvement	2007	AST	Feb-03	8950	2441	1920	2610	DMRB	31,000	24,500	7.7	-*
A47 Thorney Bypass	2006	AST	Aug-02	1184	323	290	730	COBA	12,500	15,500	2	-*
A5 Welford - Fazley Improvement	2006	ES	Mar-02	3223	679	-*	590	DMRB	22,000	21,000	5.4 <sup>b</sup>	-*
A500 City Road & Stoke Junction Improvement	2006	ES	Mar-02	-1638	-447	1940	227	DMRB	65,000	60,000	9.4	-*
A500 High and Low Newton Bypass	2006	AST	Feb-06	452	123	215	221	COBA	15,500	17,000	6.6	-*
A53 Melton Grade Separated Junction	2006	AST	Aug-02	4121	1124	540	30	COBA	54,500	45,500	5.8	-*
A54 Colton Lane GSI	2006	SAIR	2000	205	56	80	-230	DMRB	47,000	50,500	2.7	-*
A56 Carlton Moor to Scotch Corner Improvement	2007	AST	Oct-02	800	218	260	160	DMRB	15,000	15,000	0.7	-*
A56 Gata Bridge to Stephen Bank Improvement	2007	AST	Oct-02	600	164	140	280	DMRB	15,000	15,000	-0.3	-*
A56 Long Newton Junction	2006	AST	Jul-06	3240	664	14	116	COBA	32,000	29,000	6	-*
A56 Temple Sowerby & improvement at Winderwasch	2007	ES	Jun-02	1153	315	220	110	DMRB	13,500	13,500	2.7	-*
M1 J31-32	2006	AST	Mar-06	428	117	790	90	DMRB	146,000	131,000	-3.7	-*
M25 Junction 26A12 Brook Street Interchange	2006	AST	Oct-06	209	57	-*	-	-	75,500	76,500	3	-*
M27 J11-12 Climbing Lanes	2006	AST	Mar-06	159.7	436	360	326	COBA	126,000	117,000	0	-*
M4 J16 Eastbound diverge	2004	AST	Nov-05	625	170	40	-20	COBA	50,500	44,000	0	-*
M40A404 Handycross	2007	AST	Apr-04	170	46	-*	-	-	100,000	94,500	0	-*
M5 J16a - J17 Northbound (Staten Hill)	2006	AST	Dec-04	1783	467	30	520	COBA	51,500	46,500	0	-*
M5 J19 - J20 Northbound Climbing Lane (Tickenham)	2006	AST	Apr-05	698	245	30	-40	COBA	51,500	46,000	0	-*
M5 J19 - J20 Southbound Climbing Lane (Walth Hill)	2006	AST	Mar-05	409	112	20	-220	COBA	50,500	46,000	0	-*
<b>Schemes where carbon emissions were predicted in ranges</b>												
A1 Stannington Junction	2004	AST	2002	Neutral	-*	610	340	DMRB	29,500	33,000	7.1	0.7
A1 Wiltonburn - Denwick Improvement	2003	RR AST	1998	N/A	-*	-*	-*	-	-*	10,000	-*	0.6
A1(M) Wetherby - Wakefield	2006	RR AST	1998	N/A	-*	2300	1310	COBA	77,000	73,500	6.6	-*
A10 Wakefield Colliers End	2004	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	-*	-*	-	31,000	27,000	-*	16.0
A1033 Haddon Road Improvement	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	360	320	COBA	32,500	35,500	16.3	23.8
A11 Routham Heath - A66borough Improvement	2003	RR AST	1998	N/A	-*	-*	1,666	DMRB	20,500	26,000	-*	22
A120 Standed - Bainton Improvement	2004	AST	1998	2000 - 3000	546 - 1364	-*	-*	-	-*	-*	-*	31.8
A21 Lamberhurst Bypass	2006	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	90	360	COBA	16,500	17,000	6.6	-*
A27 Folegate Bypass	2002	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	230	2270	COBA	40,500	35,500	18	23
A41 Aston Clinton Bypass	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	360	720	COBA	20,500	21,000	12.8	14.2
A43 M40 - A4031 Dualing	2002	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	-*	-*	-	25,500	33,000	16	-10.3 <sup>m</sup>
A43 Silverstone Bypass (A43 M40 - A4031 Dualing)	2002	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	1540	4430	COBA	24,500	31,000	21	31
A43 Whitfield Turn - Stradley Hatch Improvement	2002	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	110	1170	COBA	25,000	32,000	10	31
A46 Newark - Lincoln Improvement	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	1350	3630	COBA	16,500	28,000	11	3.6
A5 Incefield Bypass	2003	RR AST	1998	N/A	-*	300	960	DMRB	20,000	20,500	10.5	6
A500 Seaford Hough Shevington Bypass	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	80	1140	DMRB	15,000	21,500	16.2 <sup>p</sup>	-12.6 <sup>r</sup>
A6 Alveston	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	-*	700	DMRB	32,000	33,500	17.3	7.7
A6 Cleardon Bypass	2002	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	1300	860	DMRB	30,500	16,500	7.7	6.3
A6 Great Glen Bypass	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	530	540	COBA	17,500	16,000	10.8	6.2
A6 Ruffwell - Deoborough Bypass	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	360	320	DMRB	6,500	8,500	11.1	3
A6 Ruffwell & Hopton Farmers Bypass	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	50	-40	COBA	16,000	30,000	3.2	1.8
A83 Selby Bypass	2004	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	-*	-*	-	-*	10,500	-*	22
A893 Singley Relief Road	2003	RR AST	1998	0 - 2000	0 - 546	-*	-*	-	34,500	29,000	-*	24
A86 Stannington & Great Clifton Bypass	2002	RR AST	1998	N/A	-*	-30	-160	DMRB	8,500	7,500	7.5	6.2
M25 J12 - J15 (Widening) : J12-13	2006	RR AST	1998	5000+	1364+	-1	-1	-	182,000	181,000	0 <sup>q</sup>	-*
M25 J12 - J15 (Widening) : J13-14									194,000	182,000	0 <sup>q</sup>	-*
M25 J12 - J15 (Widening) : J14-15									193,500	186,000	0 <sup>q</sup>	-*
M25 J5 - J6 (Widening)	2006	AST	1998	2000 - 5000	546 - 1364	-*	300 <sup>r</sup>	DMRB	111,000	106,000	-*	-*

**Footnotes**

- a - these figures will be filled in when the POPE Five Year After study is available. This is to ensure that results are based on at least 3 years of accident data.
- b - scheme data missing
- d - no forecast obtained by POPE
- e - junction scheme. DMRB carbon method not suitable for this type of scheme
- f - this estimate only applies to junction element of scheme
- g - scheme safety modelled with URICA not COBA
- h - no carbon dioxide prediction to convert
- i - scheme not evaluated by POPE
- j - characteristics of a 56 lane motorway were uncertain. Therefore no accident saving prediction was made. Carbon evaluation could not be undertaken as no suitable forecast speed data.
- k - carbon evaluation relates to only J5-6
- m - flows on this scheme are higher than forecast - the increase in accidents is believed to be due to strategic re-routing of long-distance traffic between the M1(M)M25 west - and may be offset by accident savings elsewhere.
- n - Forecast is for a decrease in the number of fatal and serious accidents but and increase in slight injury accidents, giving a small net increase in accident numbers overall
- p - Proxy opening year forecast based on 30 year forecasts
- q - No data was available for a POPE re forecast to be made, therefore only an output calculation has been completed
- r - This figure reflects safety problems in the initial post opening period which have since been rectified and recent data shows this road is safer than before the scheme was built

**General notes on carbon:**

- the figures above relate to change in emissions from a road as a result of the scheme. Apparently significant changes may be less important when compared to the normal everyday emissions from the road.
- the only figures which are directly comparable the carbon 'POPE Evaluation' are 'POPE recalculation of forecast'

Titre du document	UK-M6 Motorway Ramp Metering 1986-1997	
Auteurs	Steve Tarry et Martin Pyne (FaberMaunsell)	
Commanditaire	Commission européenne	
Date du document	09/02/04	
Sujet	Création d'une <b>rampe d'accès</b> et mise en place de feux de <b>régulation</b> montés sur un portique permettant de réguler la circulation sur cette rampe. Si la vitesse passe en deçà d'un seuil défini ou/et si le flux autoroutier arrive à saturation, les feux passent au rouge. Le feu vert est mis lorsque le flux remonte au dessus du seuil critique, ou lorsque la durée max du feu a été atteinte ou lorsque la file d'attente est trop longue	
Objectifs annoncés	Réduire les incidents et les effets liés aux problèmes de congestion.	
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Birmingham, réseau autoroutier urbain	
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Panneaux à messages variables et feux, caméras vidéos, boucles, mise en place d'un algorithme	
Impacts attendus	L'expérimentation visait : au niveau du trafic, une <b>légère augmentation de la capacité de l'autoroute</b> ; la neutralité ou une légère augmentation des temps de parcours, un retour sur investissement positif.	
Méthode utilisée	<b>Comparaison avant/après</b>	
Indicateurs utilisés	Trafic	Temps de parcours
	Sécurité	Taux d'accidents
Résultats obtenus	<p>En ce qui concerne sa reproductibilité, Des <b>caractéristiques propres au système</b> mis en place sur la rampe d'accès <b>peut limiter sa transférabilité.</b></p> <p><b>Les flux de véhicules ont augmenté en même temps que les temps de parcours ont diminué.</b> Pas de changement significatif sur le reste du réseau routier durant la mise en place de la rampe d'accès.</p> <p>Les <b>accidents sont plus faibles</b> de 1% à 10% par rapport à d'autres sites non concernés par la mise en place d'une rampe d'accès.</p> <p>Le bénéfice économique estimé est compris entre 20 et 40%.</p>	

### 3.5 - Études basées sur une approche multicritères



Titre du document	Prise en compte de l'impact environnemental du transport intermodal au sein des chaînes logistiques vertes
Auteurs	Didier ANCIAUX et Yuan KUN ( <i>Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique INRIA Lorraine</i> )
Date du document	2007
Sujet / Objectifs	Les auteurs proposent un <b>modèle d'aide à la décision intégrée avec la prise en compte des moyens de transport intermodaux</b> , visant à définir les modalités que doit avoir la fonction transport afin de l'optimiser tant aux points de vue économique, que de celui de la performance environnementale.
Modèle utilisé	<p>Le modèle développé ici permet de caractériser les coûts externes et internes des transports. Dans ce modèle, est distingué le coût du transporteur pour répondre à la demande du fournisseur, le coût en termes d'émissions de gaz polluants ainsi que les coûts en termes d'impacts environnementaux autres que l'émission de gaz polluants.</p> <p>Les auteurs supposent que le transport est sans stockage intermédiaire de longue durée et que plusieurs modes de transport peuvent être utilisés successivement. Ainsi il est possible, pour acheminer une marchandise, d'effectuer un transport soit direct (un seul mode de transport), soit indirect (au moins deux modes de transport). Les moyens de transport envisagés dans ce modèle sont les suivants : train, camion, bateau et avion. L'écriture du modèle permet toutefois de prendre en compte chaque spécificité des moyens de transport.</p> <p>De multiples fonctions sont définies et l'objectif est de trouver quels sont les transports qui permettront de résoudre un système tel que l'on cherche à minimiser les impacts environnementaux ou le coût du transport/stockage ou le coût lié au temps de transport.</p>
Variables utilisées	coût de transport, coût de prise en charge en devise pour le moyen de transport, coût d'utilisation en devise par unité de temps pour le moyen de transport, coût de déplacement en devise par unité de déplacement pour le moyen de transport, durée d'utilisation en unité de temps du moyen de transport, distance parcourue en unité de déplacement par le moyen de transport, nombre de moyen de transport, nombre (d'unité -1) du moyen de transport, masse des produits transportés en unité de poids, volume des produits transportés en unité de volume, capacité de charge en unité de poids du moyen de transport, capacité en volume en unité de volume du moyen de transport, coût des émissions de gaz sur l'environnement en devise, masse de l'unité de transport à vide en unité de poids, distance (de vol) pour la période de roulage pour un avion en unité de distance, coût du polluant en devise par unité de poids, quantité de polluant émise par le moyen de transport en unité de poids par unité de poids transportée et par unité de déplacement, nombre de gaz polluants, coût de l'impact du transport en devise sur les autres critères

	environnementaux, coût de l'impact du moyen de transport sur le facteur environnemental en devise par unité de poids et par unité de déplacement
Principaux résultats	<p>La modélisation proposée permet d'optimiser les quantités transposées ainsi que les moyens de transport utilisés au sein de la chaîne logistique.</p> <p>Lors de la rédaction de cet article, le programme développé ne permettait d'optimiser qu'<b>un seul critère</b> à la fois quant au choix du moyen de transport. Une approche multicritère était alors en cours de développement.</p> <p>Les auteurs soulignaient la nécessité de tenir compte, non seulement des performances locales de chacune des entreprises partenaires, mais aussi des performances globales liées aux relations inter-entreprises et à l'impact du transport industriel sur l'environnement. Il faudra donc notamment <b>définir un indicateur de performance globale du transport intermodal.</b></p> <p>Ce modèle vise l'intégration dans la plateforme de pilotage réactif de la chaîne logistique (Monteiro <i>et al.</i>, 2006) actuellement en cours de développement au sein du LGIPM (Laboratoire de Génie Industriel et de Production Mécanique) de l'Université Paul Verlaine – Metz, France.</p>

Titre du document	Aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement (Thèse de Doctorat)
Auteurs	B. Rousval
Commanditaire	Université Paris IX Dauphine codirigée par l'Inrets et le Lamsade
Date du document	2005
Sujet	Évaluation de l'impact des transports sur l'environnement
Résumé de l'étude	<p>Cette thèse, vise à contribuer à la conception d'un outil informatique pour des responsables publics qui souhaiteraient s'appuyer sur un modèle afin de gérer de manière durable les problèmes environnementaux dus aux transports et cela dans un contexte de démocratie participative. Elle propose donc une aide multicritère à l'évaluation de l'impact sur l'environnement qui consiste à structurer hiérarchiquement un ensemble d'objectifs, puis à appréhender leur atteinte à l'aide de critères dans un but d'établir un diagnostic, de donner l'alerte, de réaliser une analyse tendancielle et non systématiquement d'envisager une prise de décision. Cela amène naturellement à comparer l'"aide à la décision", classique, à l'aide à l'évaluation".</p> <p>Compte tenu de la complexité du problème et pour faire face au conflit qu'il existe entre la simplicité et la transparence d'un résultat d'évaluation, elle propose, à tous les niveaux de la hiérarchie d'objectifs, une agrégation multi-critère qui s'inspire fortement des méthodes Electre et de l'indice Atmo.</p> <p>Elle illustre cette proposition par une modélisation du problème, des spécifications fonctionnelles et un prototype.</p>

## 3.6 - Outils d'évaluation et recherches associées

### 3.6.1 - Logiciel de modélisation

Titre du document	Estimation de la consommation énergétique d'un véhicule dans un flux de trafic
Auteurs	EL HAGE Abdallah (SETRA)
Date du document	2006
Sujet	<p>Les préoccupations énergétiques et environnementales font aujourd'hui partie des principaux enjeux pour l'avenir de notre planète. Les transports routiers sont de gros consommateurs d'énergie et particulièrement en termes de produits pétroliers. Afin de mieux évaluer cette part de responsabilité, il devient nécessaire de pouvoir estimer de manière plus fine les consommations des véhicules. Cela permettrait également d'optimiser le fonctionnement de véhicules hybrides, qui constituent à moyen terme une alternative intéressante aux véhicules classiques. L'objet de cette étude est donc d'<b>établir un modèle capable d'estimer la consommation d'un véhicule</b> sur un trajet donné en tenant compte des interactions entre ce véhicule et le flux dans lequel il évolue. Pour réaliser ce projet, nous établissons un couplage entre un modèle de trafic et un modèle de véhicule. Dans le cadre de cette étude, nous nous limiterons à une application aux véhicules de <b>transport public</b>.</p>
Objectifs de l'étude	Cette étude vise à établir un modèle capable d'estimer la consommation d'un véhicule sur un trajet donné en tenant compte des interactions entre ce véhicule et le flux dans lequel il évolue.
Modèle utilisé	Il s'agit du modèle de trafic LWR (Lighthill - Whitham - Richards) avec un diagramme fondamental triangulaire qui sera couplé avec un autre modèle, celui-ci de véhicule. Sont ensuite utilisées différentes consignes de trajectoire afin d'évaluer la consommation du véhicule.
Principaux résultats	<p>Les applications au cas d'un véhicule de transport public nous ont permis de constater que sur un trajet donné, entre des conditions de circulations fluides et congestionnées, la consommation de ce véhicule pouvait être de l'ordre de 20% plus importante. De même que les différences de temps de parcours peuvent s'accroître rapidement (1minute sur un kilomètre) si le bus roule ou non en site propre.</p> <p>Concernant les possibilités d'utilisation de ce couplage de modèles à des fins d'optimisation énergétique des véhicules hybrides, on peut penser que le jour où il sera possible de <b>connaître les conditions</b> et les <b>prévisions de trafic en temps réel</b> dans son véhicule, le fait de communiquer notre destination à l'<b>ordinateur de bord</b> lui permettra de <b>déterminer si le véhicule a besoin d'utiliser son moteur thermique ou non</b>. Concrètement, cela permettra d'utiliser au mieux les deux sources d'énergie présentes. Mais outre une application à l'optimisation énergétique en agissant sur la gestion de l'énergie par le véhicule, on peut également utiliser cette connaissance de la trajectoire du bus pour optimiser le cadencement des feux. Cela pourrait permettre d'éviter au bus des accélérations qui, comme nous l'avons vu, sont très consommatrices d'énergie.</p>

	Enfin, ce couplage de modèles pourrait être utilisé pour évaluer l'impact sur la consommation énergétique de la mise en site en propre d'une ligne de bus.
--	--

Titre du document	Le logiciel SIMULCO	
Auteurs du rapport	Jean-Pierre Roumégoux	
Commanditaire	INRETS-LTE/ADEME	
Sujet	Le logiciel informatique SIMULCO qui permet de calculer les conditions instantanées de fonctionnement du véhicule (énergies mises en jeu, vitesse et accélération, régime et puissance du moteur ...), la consommation de carburant et les émissions de polluants.	
Objectifs annoncés	Calculer les conditions instantanées de fonctionnement du véhicule (énergies mises en jeu, vitesse et accélération, régime et puissance du moteur ...), la consommation de carburant et les émissions de polluants.	
Outil décrit	Logiciel SIMULCO et SIVA (dédiée aux calculs des énergies de freinage et des températures atteintes par les freins des poids lourds).	
Méthode associée	modélisation analytique	
Impacts mesurés	Environnement	Consommation de carburant Émissions de polluants
Données nécessaires	Données du véhicule (données buscan : V, rapport boîte, émissions, etc...) et du trajet parcouru	
Exemples d'application	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Impact de la climatisation automobile sur l'énergie et l'environnement</b> Le logiciel a été appliqué à l'évaluation de l'influence du fonctionnement du climatiseur sur la consommation de carburant et les émissions de polluants, dans différentes conditions thermiques et différentes conditions de roulage de la voiture. Il a permis d'identifier des valeurs de la surconsommation de carburant en fonction de la distance parcourue (cycles urbains successifs) et en fonction de l'écart DT entre la température ambiante à l'extérieur et la température de consigne dans l'habitacle.</li> <li>• <b>Influence des pentes de la route sur la consommation de carburant et les émissions de polluants des poids lourds</b> Dans le cas des poids lourds de fort tonnage, le chargement du véhicule, le type de parcours, mais surtout les pentes de la route ont une influence très importante. Les calculs effectués pour des pentes allant de -2 % à +6 % ont permis d'établir des relations avec la pente <math>p</math> (%) de la route, pour un poids lourd de 40 tonnes.</li> </ul>	

--	--

Titre du document	Le logiciel Act'air transport	
Commanditaire	ORAMIP et ASFA	
Sujet	Le logiciel Act'Air transport permet, à partir des données de stations et des achats de carburants de calculer la valeur des indicateurs de pollution de l'air au niveau de l'infrastructure, de l'agglomération et par s conditions instantanées de fonctionnement du véhicule (énergies mises en jeu, vitesse et accélération, régime et puissance du moteur ...), la consommation de carburant et les émissions de polluants.	
Objectifs annoncés	Calculer les conditions instantanées de fonctionnement du véhicule (énergies mises en jeu, vitesse et accélération, régime et puissance du moteur ...), la consommation de carburant et les émissions de polluants.	
Méthode associée	modélisation analytique	
Impacts mesurés	Environnement	Consommation de carburant Émissions de polluants
<b>Données nécessaires</b>	Données des comptages routiers et d'achat de carburants (pour le niveau urbain)	
<b>Exemples d'application</b>	<p>Le transport routier se traite en deux temps : le réseau structurant et le réseau secondaire. Le réseau structurant représente les grands axes de circulation pour lesquels il existe des données de comptage ou de modélisation. Ces axes sont principalement les autoroutes, les nationales et les départementales les plus importantes. Sur ces axes, l'outil de calcul Act'air-Transport développé par l'ORAMIP permet de calculer les émissions et la quantité de carburant consommée en fonction du trafic moyen (TMJA), de la vitesse autorisée (type de route) et du pourcentage de poids lourds pour chaque heure de la semaine en prenant en compte les sur-émissions liées aux ralentissements en heures de pointe.</p> <p>La différence entre les quantités de carburant vendu dans la région fournie par l'observatoire régional de l'énergie en Midi-Pyrénées (OREMIP) et la quantité de carburant consommée sur le réseau structurant, nous permet de quantifier les consommations et donc les émissions sur le réseau secondaire. On répartie ces émissions sur les différentes communes en fonction de leur superficie, de leur population et du nombre de véhicules présent sur la commune.</p>	

Titre du document	Évaluation des émissions de polluants atmosphériques du trafic routier. Modèles agrégés statiques d'affectation
Auteurs	Noomen Guirat (Laboratoire de Recherche sur l'industrie et l'innovation, Université du Littoral Côte d'Opale)
Date du document	01/03/07
Objectifs	L'objectif de ce document est de tester la pertinence des modèles agrégés statiques d'affectation pour évaluer les émissions de polluants.
Méthodologie	<p>L'auteur s'est attaché à vérifier la sensibilité des résultats issus d'un modèle agrégé statique d'affectation aux variations des principaux paramètres liés à la procédure d'affectation. Pour structurer cette réflexion, il a repris le déroulement naturel de toute procédure, entrées / calculs / sorties, étant entendu que ces trois points sont complètement conditionnés par la logique d'ensemble de l'affectation agrégée statique. Ensuite, trois niveaux d'interrogation ont été abordés:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'incidence de la mise en forme des données nécessaires pour alimenter les modèles d'affectations (voiries et déplacements) ;</li> <li>- La sensibilité des résultats aux options de calcul et au paramétrage des fonctions d'affectation ;</li> <li>- Enfin, les contraintes que l'usage de vitesses moyennes fait peser sur les calculs d'émissions.</li> </ul>
Résumé et principaux résultats	<p><b>Les modèles d'affectation</b> donnent une image statique de l'état de la circulation au niveau d'une agglomération, mais ils fournissent une information relativement pauvre pour décrire les conditions de circulation sur le réseau routier et <b>peuvent facilement indiquer des trafics par arc erronés s'ils sont mal paramétrés.</b></p> <p>En ce qui concerne l'incidence de la mise en forme des données nécessaires pour alimenter les modèles d'affectation, l'on se rend compte que <b>les modèles d'affectations ne peuvent pas prétendre donner une image fiable de la réalité</b> (niveaux de trafic et de pollution). Cela s'explique par la construction des matrices déplacements et la description du réseau. ( il y a en d'effectuer une simplification de la représentation géographique et donc une non pertinence du modèle, du moins au niveau fin). Pourtant, si ces incertitudes ne rendent pas fiables les niveaux d'émissions, elles affectent beaucoup moins les comparaisons entre les différents résultats.</p> <p>Pour ce qui est de la sensibilité des résultats en fonction du type d'affectation. Cinq simulations ont été réalisées afin de comparer les résultats. On remarque une forte similitude dans les résultats. Le type d'affectation ne semble donc pas déterminant dans les résultats obtenus.</p> <p>Les contraintes générées par les vitesse moyennes n'affectent pas non plus les niveaux d'émissions. Six simulations sont réalisées (en prenant en compte des variations de vitesses entre les véhicules) et les résultats obtenus restent très stables.</p>

On remarque que la recherche d'une simulation proche de la réalité en introduisant des vitesses différenciées sur un même arc ne semble pas influencer notablement sur la qualité des résultats. L'usage des vitesses moyennes par arc est donc tout à fait suffisant tant que l'on reste à un niveau moyen d'émissions au niveau de la voirie.

En revanche, lorsque l'on s'intéresse à l'effet que peu avoir différents niveaux de congestions, l'on se rend compte que les résultats sont fortement différents (on passe de valeurs du simple au double). Cela donne une idée de l'erreur globale qui peut être commise en étendant sur une journée des résultats obtenus à partir d'une matrice d'heure de pointe. On note ici toute l'importance de la période temporelle.

D'une manière générale, plus le bilan s'établit à un niveau spatial fin, plus les incertitudes sont fortes du fait de la variabilité des résultats de trafic par axe suivant les valeurs des paramètres d'affectation. Cela ne signifie pas que les modèles statiques agrégés d'affectation du trafic ne sont pas indiqués pour ce type de travail, mais qu'il est nécessaire de prêter le plus grand soin à la phase de calibrage des paramètres. Par contre, lorsqu'on s'attache à des résultats plus globaux, ces erreurs se compensent entre elles et la sensibilité des évaluations aux valeurs des paramètres d'affectation est très réduite au niveau d'une agglomération.

De plus, il faut souligner l'importance des données initiales dans la qualité des résultats d'évaluation.

En effet, c'est essentiellement d'elles que va dépendre la fixation du trafic global exprimé en véhicule kilomètre, et donc du niveau général des émissions. La procédure d'affectation, elle-même, intervient beaucoup plus sur la détermination des itinéraires.

Enfin la finesse de prise en compte de la congestion peut permettre d'améliorer les résultats sur les polluants les plus dépendants des conditions de circulation, hydrocarbures et monoxyde de carbone, bien que cette sensibilité décroisse aujourd'hui avec les évolutions technologiques des véhicules et notamment la systématisation du pot catalytique.

Titre du document	Expérimentation de différentes méthodes de calculs des émissions de CO2 sur la rocade bordelaise
Auteurs	Landon Marc (Stagiaire, CETE-SO)
Date du document	Aout 2009
Sujet	Cette étude analyse la répartition du trafic selon les jours pour ensuite en estimer les émissions de CO2 à partir des données macroscopiques de l'écoulement par tranche de 6 minutes sur certaines sections de la rocade bordelaise. Les résultats sont comparés avec différentes méthodes de calcul et avec la méthode actuellement utilisée, basée sur les abaques débit-vitesse et le modèle d'émission COPERT III.
Objectifs	Reprendre les divers approches de calcul et d'en évaluer les résultats en s'appuyant sur des données de différentes sections de la rocade.
Modèles utilisés	COPERT III, COPERT IV, ARTEMIS, MODELE INST et COPERT IV avec Accélération
Résumé/Principaux résultats	<p>Les émissions de CO2 sur la rocade bordelaise sont estimées à environ 25T/j. Dans l'ensemble des modèles d'émission de CO2 est assez homogène : l'écart entre les modèles ne dépasse pas 20%. Le modèle COPERT 4 avec accélération est le modèle qui majore le plus l'émission de CO2.</p> <p>En ce qui concerne l'émission de particules les modèles d'émission des polluants (PM, NOx, ...) diffèrent significativement. Il est peu utile d'appliquer une méthode de calcul plus complexe (qui apporte environ 15% au résultat initial ) quand <b>le choix du modèle peut faire varier le résultat du simple au triple.</b></p>

**Modélisation :****Méthode d'analyse des impacts sur la sécurité des usagers**

Titre du document	Test modelling single accidents with the basic evaluation model
Auteurs	Frits Bijleveld & Jacques Commandeur
Commanditaire	SWOV Institute for Road Safety Research, The Netherland
Date du document	2006
Sujet	Ce rapport développe et illustre le modèle « d'évaluation de base » pour l'évaluation et l'exploration de l'évolution de la sécurité routière néerlandaise . Deux méthodes sont présentées.
Objectifs annoncés	Améliorer le modèle par un traitement différent des variables prises en compte
Données utilisées	Station de recueil de données routières et véhicules traceurs
Méthode utilisée	<p>Des travaux antérieurs dans le domaine avaient conduit à ce qu'on appelle le modèle d'évaluation de base, qui considère que le développement de la sécurité routière doit être le produit de l'évolution de deux, variables latentes non observées: l'exposition et le risque. Le modèle d'évaluation de base est un modèle local à tendance linéaire bivariant; il est adapté au traitement des dépendances dans les séries chronologiques, et fournit ainsi résultats satisfaisant aux hypothèses du modèle de l'indépendance.</p> <p>Dans le présent rapport, le modèle d'évaluation de base est étendu à l'incorporation des variables explicatives. Deux méthodes sont présentées pour intégrer les variables explicatives dans le modèle d'évaluation de base.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La première méthode utilise une régression standard dans laquelle les variables exploratoires sont traitées comme fixes et connues.</li> <li>• Dans la seconde méthode, ces variables sont considérées comme étant soumises à une variation stochastique.</li> </ul> <p>Les deux méthodes sont appliquées pour évaluer les impacts des effets des conditions météorologiques humides et de l'alcool au volant sur le nombre annuel des personnes tuées ou gravement blessés dans de simples accidents de la route aux Pays-Bas. Il est constaté que seule la seconde méthode découvre les relations attendues entre les variables explicatives et le risque d'être tué ou gravement blessés dans des accidents de véhicules à moteur unique.</p>

**Méthode de prévision du trafic à moyen terme**

Titre du document	Prévision et analyse du trafic routier par des méthodes statistiques
Auteurs	Allain, Guillaume Institut de Mathématiques de Toulouse - Equipe de Statistique et Probabilités
Commanditaire	
Date du document	2008
Sujet	Amélioration de l'information sur le trafic éditée et diffusée par la société Mediamobile aux usagers.
Objectifs annoncés	L'objectif est d'enrichir l'information trafic par la prévision et la complétion des conditions de route.
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	DIRIF et autres agglomérations.
Données utilisées	Station de recueil de données routières et véhicules traceurs
Impacts attendus	Réduire la congestion.
Méthode utilisée	<p><b>Modélisation</b></p> <p><b>Résumé de présentation de la thèse :</b></p> <p>Notre approche s'inspire parfois de la modélisation physique du trafic routier mais fait surtout appel à des méthodes statistiques afin de proposer des solutions automatisables, modulaires et adaptées aux contraintes industrielles. Dans un premier temps, nous décrivons une méthode de prévision de la vitesse de quelques minutes à plusieurs heures. Nous supposons qu'il existe un nombre fini de comportements types du trafic sur le réseau, dus aux déplacements périodiques des usagers. Nous faisons alors l'hypothèse que les courbes de vitesses observées en chaque point du réseau sont issues d'un modèle de mélange. Nous cherchons ensuite à améliorer cette méthode générale de prévision.</p> <p>La prévision à moyen terme fait appel à des variables bâties sur le calendrier. Nous retenons le modèle de mélange des courbes de vitesse et nous proposons également des modèles de régression fonctionnelle pour les courbes de vitesses. Ensuite nous proposons une modélisation par régression locale afin de capturer la dynamique physique du trafic à très court terme. Nous estimons la fonction de noyau à partir des observations du phénomène en intégrant des connaissances a priori sur la dynamique du trafic. La dernière partie est dédiée à l'analyse des vitesses issues de véhicules traceurs. Ces vitesses sont irrégulièrement observées en temps et en espace sur un axe routier. Nous proposons un modèle de régression locale à l'aide de polynômes locaux pour compléter et lisser ces données.</p>



Titre du document	Evaluation de la congestion, « De la théorie à la pratique »
Auteurs	Michel Robitaille, ingénieur, M.Ing., Président, Consultants MIRO inc. et Tam Nguyen, ingénieur, M.Ing. Ministère des Transports du Québec.
Commanditaire	Ministère des Transports du Québec
Date du document	2003
Sujet	Mise en place de <b>relevés de files d'attentes</b> et de <b>relevés de temps de parcours</b> .
Objectifs annoncés	<b>Mesurer de façon méthodique la congestion</b> sur les corridors les plus achalandés, suivre l'évolution de la congestion durant les périodes de pointe sur une période de 12 mois consécutifs, automatiser la procédure de saisie des données, relever la position des voitures et les stocker dans un fichier informatique, minimiser les interventions humaines, réduire le personnel de saisie des données, traiter et produire les résultats mensuellement.
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Agglomération de Montréal. Trois types de réseaux sont concernés, soit autoroutier, soit urbain, soit mixte.
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	Huit voitures, odomètre, GPS
Impacts attendus	Dresser un portrait détaillé de l'évolution de la congestion sur le réseau routier de l'agglomération de Montréal.
Méthode utilisée	<b>Expérience en milieu réel.</b> On fait rouler un véhicule sur les principaux corridors congestionnés de la région métropolitaine de Montréal afin de localiser précisément les formations et les fins de files d'attentes.
Indicateurs utilisés	Les indicateurs utilisés permettent d'avoir une meilleure compréhension des phénomènes de congestion. <b>Indicateur synthétique</b> (TRI, Travel Rate Index), <b>indicateur descriptif</b> (ie le régime de la circulation) et <b>indicateurs de files d'attente</b> (le retard, le taux de retard relatif, la proportion de retard, la longueur maximale des files d'attente, l'étalement de la pointe)
Résultats obtenus	Les résultats ont servi pour <b>mieux cibler les interventions, mettre en place des indicateurs pour évaluer l'impact des interventions sur le réseau routier</b> , pour les études d'opportunités, pour des études concernant les voies réservées pour les bus, pour l'étude sur l'extension du réseau sous surveillance électronique, pour mesurer des temps de parcours et produire des diagrammes espaces-temps.

## **4 - Études sur les facteurs d'influences externes aux actions d'exploitation**

Titre du document	Les transports et leur impact sur l'environnement : comparaisons européennes.
Auteurs	Marie Cugny Seguin, Commissariat général au développement durable
Commanditaire	Commissariat général au développement durable
Date du document	01/03/09
Résumé	<p>La demande de fret routier n'est pas toujours liée à l'activité économique du pays mais reste fortement corrélé à la croissance économique.</p> <p>Les transports sont les premiers émetteurs de gaz à effet de serre en France et les deuxièmes dans l'Europe des 25. Les émissions de polluants atmosphériques sont toutefois en baisse en Europe.</p> <p>Globalement, les performances environnementales de la France sont proches de la moyenne de l'Europe des 15.</p> <p>Le découplage entre la croissance du fret et la croissance économique n'est atteinte en France ni en Europe.</p> <p>En ce qui concerne les Gaz à effet de serre, les émissions de l'Europe des 25 ont continué à augmenter alors que celles de la France se sont stabilisées après une longue période de croissance. Cela s'explique par le renouvellement du parc automobile avec des véhicules moins consommateurs et donc moins émetteurs. En France, la consommation de carburants pétroliers liée aux transports est en baisse car le parc se diésélise, il se renouvelle avec des petites cylindrées, les consommations unitaires diminuent, la circulation routière stagne et les vitesses baissent.</p> <p>Pour ce qui est des émissions de polluants, en France, ce sont les émissions de polluants acides qui ont le plus diminué et les particules en suspensions qui ont le moins baissé.</p> <p>Enfin, la durée d'utilisation d'une voiture étant en moyenne de 15 ans, le <b>temps de latence avant de pouvoir observer les effets des normes environnementales reste assez long.</b></p>

Titre du document	Émissions routières de polluants atmosphériques, Courbes et facteurs d'influence
Auteurs	SETRA, CETE de Lyon, CETE de Normandie
Date du document	01/11/09
Sujet	Le document présente la démarche de construction de ces courbes ainsi que les principales variables, outre la vitesse, qui influent sur les émissions de polluants des différentes catégories de véhicules. Les

	<p>courbes ainsi construites constituent un outil d'aide à la définition de mesures visant à limiter l'impact du trafic sur la pollution atmosphérique.</p>
Objectifs	<p>L'objectif de ce document est double. Il s'agit de décrire les principes de modélisation des émissions dues au trafic routier, ainsi que les modèles et outils permettant de calculer ces émissions et de présenter des courbes d'émission kilométrique pour les véhicules légers et les poids lourds pour les principaux polluants. L'influence de différents paramètres, comme la vitesse, la pente, etc. sur ces courbes d'émission est également étudiée.</p>
Modèle utilisé	<p>Pour réaliser les calculs, le <b>modèle</b> de <b>COPERT</b> est utilisé. (COMputer Program to calculate Emission from Road Transport) Les logiciels suivants sont également utilisés : COPCETE,</p>
Variables utilisées	<p>Facteur d'émission par modèle de véhicule, distance parcourue par chaque catégorie de véhicule, composition du parc automobile,</p>
Principaux résultats	<p>Les résultats présentent les émissions (Oxyde d'azote-NOx-, les PM10, CO2, de VL et PL. Sont également pris en compte le phénomène de démarrage (VP) à froid ainsi que l'effet pente (PL) et le poids de la charge (PL).</p> <p><b>Émissions de Nox :</b>  <b>VL</b> : les émissions sont maximales pour les basses vitesses et les hautes vitesses et sont minimales pour des vitesses de l'ordre de 70 km/h. On remarque de plus une <b>nette amélioration du fait de la technologie</b>. Les courbes ont la même forme mais se translatent vers le bas, ce qui indique une diminution dans les émissions.  <b>PL</b> : les émissions des PL sont maximales pour les basses vitesses et diminuent quand la vitesse augmente (jusqu'à 90 km/h). La courbe se translate vers le bas tout comme celle des VL.</p> <p><b>Émissions de PM10 :</b>  En 2007, <b>le transport routier était responsable respectivement de 11 % et 12 % des émissions de ces deux polluants</b>, ce qui le place au 4ème rang des secteurs émetteurs.  <b>VL</b> : La forme de la courbe ressemble à celle des NOx avec néanmoins un poids des hautes vitesses plus important. L'« effet parc » est aussi perceptible, avec la généralisation des filtres à particules dans les années à venir.  <b>PL</b> : Les courbes ont la même allure que celles relatives aux NOx. Par contre, la différence entre émissions VL et émissions PL est moins importante que pour les oxydes d'azote.</p> <p>Il convient de préciser que <b>les émissions de particules restent moins bien connues</b> que d'autres émissions et que les courbes ont un <b>degré de fiabilité moindre</b>.</p> <p><b>Émissions CO2 :</b></p>

	<p>En 2007, les émissions de CO<sub>2</sub> imputées au transport routier en France étaient de 128 Mt soit 32 % des émissions totales, ce qui en fait le secteur le plus émetteur. A noter que les émissions de CO<sub>2</sub> des véhicules ne sont à ce jour pas réglementées comme le sont les NO<sub>x</sub> et les PM<sub>10</sub>.</p> <p><b>VL</b> : Les courbes ont l'allure caractéristique en U, avec des émissions un peu supérieures aux basses vitesses qu'aux grandes vitesses. L'« effet parc » est complètement invisible dans COPERT IV, puisqu'au moment de sa sortie, aucune réglementation contraignante n'était encore entrée en vigueur pour limiter les émissions de CO<sub>2</sub>.</p> <p><b>PL</b> : les émissions de CO<sub>2</sub> diminuent avec la vitesse, et l'« effet parc » est inexistant d'après le modèle, comme pour les VL.</p> <p>En règle générale, les normes Euro ont conduit à des diminutions fortes des émissions pour les polluants locaux (oxydes d'azote<sup>2</sup>, monoxyde de carbone et particules), notamment aux basses et hautes vitesses.</p> <p>L'effet de la pente sur les émissions de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et PM des PL est clair : les émissions sont maximales quand le PL est en montée avec une pente importante et sont minimales quand le véhicule est en descente sur des pentes à 4 %. Les courbes subissent une translation vers le bas au fur et à mesure que la pente évolue d'une montée forte à une descente forte.</p> <p><b>Pour les PL, l'effet de la charge est significatif</b> : l'augmentation de la charge conduit à des surémissions importantes. Ainsi, pour les NO<sub>x</sub> et le CO<sub>2</sub>, les émissions à 50 km/h pour un véhicule vide sont environ 40 % moins importantes que pour un PL en pleine charge. Pour les particules, l'effet de la charge est beaucoup moins significatif (à noter que cet effet est nul pour les composés organiques volatils).</p> <p><b>Le démarrage à froid conduit à produire des sur-émissions</b>, qui sont d'autant plus fortes que la part du trajet faite avec un moteur froid est importante.</p> <p>Enfin, <b>pour les PL, la pente de la route est un facteur plus impactant en quantité de polluants émis pour un PL que la charge</b>. Résultat combiné de ces deux facteurs, les émissions d'un PL plein à 50 km/h dans une montée de 4 % sont plus de 20 fois supérieures à celles d'un PL vide dans une descente à 4 %.</p>
--	---

Titre du document	Evaluation and Analysis of Road Traffic Noise in Asansol: An Industrial Town of Eastern India
-------------------	---

Auteurs	D. Banerjee, S. K. Chakraborty, S. Bhattacharyya et A. Gangopadhyay
Commanditaire	
Date du document	30/09/08
Sujet	L'objet de ce document est de contrôler et d'évaluer le bruit lié au trafic routier dans sa dimension spacio-temporelle.
Objectifs annoncés	Étudier le niveau sonore à différents endroits et les comparer avec les niveaux autorisés, évaluer l'environnement sonore dans sa dimension spatiale et temporelle, réaliser une carte afin d'identifier les zones bruyantes.
Localisation de mise en œuvre du dispositif et type de réseau concerné	Asansol, dans l'ouest du Bengal (différentes zones sont analysées : commerciales, résidentielles, industrielles, des intersections)
Système de gestion associé (équipement de terrain, software, collaboration ITS,...)	<b>Instruments de mesure du niveau sonore.</b>
Impacts attendus	
Méthode utilisée	Les mesures ont été effectuées durant les jours ouvrés et dans des conditions climatiques appropriées. Les zones concernées par les mesures sont des zones résidentielles, commerciales, industrielle et des zones dites « sensibles » (hôpital, écoles, centres religieux, institutions).
Indicateurs utilisés	Niveau sonore en dB.
Résultats obtenus	L'évaluation sonore présentée dans cette étude a révélé que même dans une ville urbaine-industrielle, de taille moyenne comme Asansol, le bruit lié à la circulation routière est plus élevé que les limites énoncées par le Conseil de Contrôle de la Pollution Central d'Inde. L'étude révèle le fait que l'émission sonore et la dispersion du bruit dépendent du type de zone, de ses caractéristiques géographiques, du paysage et de sa topographie. Il en ressort que les espaces ouverts sont les moins bruyants (moins d'habitation « dense », moins de flux de véhicules) tandis que les espaces construits en hauteur sont les plus bruyants (concentration urbaine, zones résidentielles, zones commerciales...). Le document propose de réduire le bruit à la source et en mettant en place un système de barrière sonore (verdure par exemple).

Titre du document	Transportation Cost and Benefit Analysis – Air Pollution Costs
Auteurs	<i>Victoria Transport Policy Institute</i>
Date du document	2009
Sujet et objectifs de l'étude	Ce document décrit les différents polluants émis par les véhicules, ainsi que la manière dont peuvent être quantifiées les émissions des véhicules. Il décrit également les facteurs qui influencent les taux d'émissions ainsi que les coûts liés à la pollution engendrée par les véhicules.
Indicateurs	<p>Les indicateurs décrits ici sont ceux pouvant affecter l'évaluation des coûts liés à la pollution :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'échelle d'analyse (pot d'échappement, l'intégralité du véhicule, le cycle de vie du véhicule),</li> <li>• le type de carburant,</li> <li>• les taux d'émissions (type de véhicule, âge et entretien, manière de conduire, les conditions du trafic, le fait que le véhicule soit froid ou non)</li> <li>• localisation du véhicule et exposition au véhicule</li> <li>• Taux d'émission par véhicule,</li> <li>• Coût par unité (kilogramme, tonne) de particule</li> </ul>
Résumé/Principaux résultats	<p>Le document s'intéresse dans un premier point à faire l'état des lieux des impacts qu'ont les différents polluants sur la santé ainsi que leur échelle d'observation.</p> <p>Sont ensuite analysés les différents facteurs pouvant affecter l'évaluation des coûts liés à la pollution. (Cf. Indicateurs).</p> <p>Ensuite, le document reprend les résultats de nombreuses études qui évaluent les coûts environnementaux liés à la pollution des véhicules.</p> <p>Parmi ces résultats on peut retenir les points suivants :</p> <p>Le document indique qu'en moyenne, le coût de la pollution engendrée par les voitures est de 5c\$/mile dans les villes et seulement de 1c\$/mile dans les zones rurales.</p> <p>Le projet ExternE de la commission européenne, estime que le coût des gaz à effets de serre sont de l'ordre de 18-56c\$ par « gallon » d'essence.</p> <p>Selon le VTPI (<i>Victoria Transport Policy Institute</i>), en 2002, le coût de la tonne de carbone en zone urbaine est de 435\$ alors qu'elle est de 0\$ dans les zones rurales. En revanche, le coût de la tonne de dioxyde de carbone est identique dans les deux endroits, 18,13\$.</p> <p>D'une manière générale, le contrôle des émissions a permis de réduire la pollution engendrée par les transports mais <b>les coûts liés à la pollution sont encore significatifs.</b></p> <p>Les coûts calculés prennent encore trop peu en compte tous les impacts (santé, agriculture, ressources écologiques...).</p>

	<p>Le document estime en moyenne, que le coût durant les pics de trafics sont de 6,2c\$/mile (5c\$ d'impacts locaux et 1,2 d'impacts sur l'effet de serre), de 5,2c\$/mile lorsque le trafic n'est pas à son pic et 1,6c\$/mile pour le trafic en zone rurale.</p> <p>De plus, il semble que les petites voitures ont un impact de 10% moindre de les voitures moyennes sur environnement local et de 25% moindre sur l'effet de serre.</p>
--	---

Titre du document	Évaluation du coût total de la pollution atmosphérique causée par le transport au Canada
Auteurs	Marbeck ressource Consultants
Commanditaire	Transport Canada et les ministères provinciaux et territoriaux
Date du document	30/04/07
Sujet	Le document se concentre sur <b>l'estimation de la valeur économique de la pollution atmosphérique</b> causée par les véhicules de transport, la répartition des coûts par mode de transport et par province et l'estimation du coût moyen attribuable à chaque polluant.
Objectifs annoncés	Fournir des estimations valables et crédibles du coût total pour le Canada de la pollution atmosphérique causée par les véhicules de transport en 2000.
Méthode	Elle consiste à évaluer les coûts de la pollution atmosphérique liés aux transports à partir d' <b>une modélisation</b>
Résultats	<p>Un examen de l'inventaire des émissions de l'an 2000 indique que le secteur des transports contribue dans une proportion importante aux émissions totales pour tous les polluants pris en compte (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, MP<sub>2,5</sub> et COV). Ce sont les émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) des véhicules de transport qui ont le plus largement contribué au total des émissions.</p> <p>La modélisation des scénarios d'émission dans le modèle ReFSORT indique que les émissions des véhicules de transport affectent de manière importante la qualité de l'air ambiant au Canada.</p> <p>Les coûts économiques liés aux transports sont chiffrés selon le modèle à 3 780 000\$ à 5 540 000\$ pour la santé, ce qui représente 97% des coûts atmosphériques causés par les véhicules de transport.</p> <p>La répartition des coûts de la pollution atmosphérique par mode de transport révèle que les véhicules lourds de transport de marchandises et les véhicules légers de transport de passagers représentent ensemble <b>plus de 50 % des coûts de la pollution atmosphérique liée au transport.</b></p>

Titre du document	<b>Le calcul économique à l'épreuve des contraintes du secteur des transports routiers. Les cas de l'insécurité routière et de l'effet de serre.</b>
-------------------	--

Auteurs	CAUBEL David -thèse université Lumière Lyon 2
Date du document	2006
Sujet	À travers deux problématiques d'actualité, l'insécurité routière et le réchauffement climatique, la thèse aborde d'une manière pratique les interrogations soulevées par les critiques adressées au calcul économique. Pour ce faire elle tente de répondre aux questions sur le rôle et l'intérêt du calcul économique, sur la prise en compte et le poids des effets non marchands dans le calcul économique et sur la relation entre les préférences collectives et la valorisation de ces effets.
Objectifs	À travers les réponses à ces questions, un des objectifs de la thèse est de dresser, en quelque sorte, un état des lieux du calcul économique aujourd'hui dans le domaine des transports routiers sur les deux sujets qui nous intéressent. Il est aussi de montrer le rôle du calcul économique en tant qu'outil pédagogique qui nous révèle l'importance d'aborder la problématique des nuisances des transports routiers interurbains d'une autre manière que celle liée à la fixation des prix fictifs (valeurs) des effets non marchands. La question du rôle et de l'intérêt du calcul économique sont abordées, en particulier, sous l'angle de l'insécurité routière, à travers l'implication des coûts économiques engendrés par les accidents de la route. L'idée est de voir comment le calcul économique peut aider la collectivité dans ses choix d'investissement. Le rôle pédagogique du calcul économique est abordé en pratiquant un « calcul économique à l'envers ». Par cette démarche nous révélons l'existence d'une pluralité de valeurs tutélaires mais surtout l'importance d'agir sur les volumes relatifs des avantages et des nuisances plutôt que de se focaliser uniquement sur leurs prix.
Méthodes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le premier chapitre a permis de présenter les bases du calcul économique, les contraintes auxquelles il doit faire face et la façon dont il les prend en compte. Ce chapitre introductif nous a permis de voir que le calcul économique, malgré ses insuffisances, s'inscrit dans un processus de tâtonnement qui permet de se rapprocher au mieux de la réalité.</li> <li>• Le deuxième chapitre a montré l'utilité d'utiliser de valeurs normalisées (tutélaires) pour réaliser des calculs de rentabilité lorsque la collectivité se trouve devant des choix d'investissement. Ceux à réaliser dans le domaine de la sécurité routière sont de bons exemples pour illustrer l'intérêt de disposer du calcul économique.</li> <li>• Le troisième chapitre a exposé les méthodes d'évaluation des projets d'infrastructures routières en rase campagne et celles de calcul des effets non marchands. Cette présentation de la formalisation et de la normalisation des calculs a permis de rendre compte des pratiques mises en œuvre afin de comparer les</li> </ul>

	<p>projets sur les mêmes bases, avec un même langage.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le quatrième chapitre a permis de mener une réflexion sur les valeurs tutélaires retenues dans les évaluations de projets. Si les effets non marchands n'ont pas le même poids dans la détermination du bilan socio-économique, une pratique du 'calcul économique à l'envers' nous a enseigné qu'une action sur les volumes relatifs des nuisances permettait d'atteindre le même objectif que celui escompté par une modification du prix des effets non marchands.</li> </ul>
Résultats	<p>La problématique de l'effet de serre doit être considérée à travers la fixation d'une valeur de la tonne de carbone. Cette valeur, tout comme celles de la vie humaine, doit représenter l'effort et l'engagement collectifs pour résoudre les nuisances entraînées par l'activité humaine. Cependant force est de constater que pour atteindre un objectif de réduction de nuisances un changement du prix fictif peut être un levier, comme dans le cas de l'insécurité routière, mais ce n'est pas le seul. Le calcul économique à l'envers nous a enseigné qu'il ne faut pas mésestimer les leviers d'actions permettant de jouer sur les quantités. Dans cette optique, les mesures de la politique actuelle en faveur de la sécurité routière qui tendent à faire baisser les vitesses sur les réseaux routiers sont une bonne illustration du rôle que peuvent avoir également des actions sur les quantités.</p>

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergies et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

---

**Service  
Sous-service**  
adresse  
adresse1  
adresse2  
Tél. : xx xx xx xx xx  
Fax : xx xx xx xx xx

[www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr)