

## Les champs de pertinence économique des dispositifs anti-bruit routiers

Olivier Rolin (SESP)

**Les actions sur les infrastructures sont un des principaux moyens des politiques de lutte contre le bruit dans les transports routiers. L'approche proposée ici<sup>1</sup> permet d'identifier le champ de pertinence de différents dispositifs, en estimant les seuils de densité de population à partir desquels l'implantation de ces équipements est justifiée d'un point de vue socio-économique.**

**En rase campagne ou en milieu urbain diffus, les seuls dispositifs justifiés au sens de cette approche sont les buttes en terre et les revêtements limitant les nuisances sonores ; la mise en place de tranchées n'apparaît quant à elle pas justifiée.**

**En milieu urbain dense, les revêtements limitant les nuisances sonores et les écrans acoustiques apparaissent comme les seuls dispositifs pertinents. Les autres équipements (tranchées avec murs, équipées ou non de panneaux acoustiques, et couverture de tranchée) ne semblent économiquement justifiés que pour des densités très élevées (à partir de 20 000 hab/km<sup>2</sup>, densité qui ne se rencontre qu'à Paris) et en ne retenant que les valorisations du bruit les plus élevées.**

### Une évaluation à partir de cas représentatifs

L'évaluation des nuisances sonores liées au transport routier dépend étroitement de la configuration du site : densité de population, existence d'obstacles influençant la propagation du bruit, nature du sol, conditions météorologiques... Compte tenu de la diversité des situations rencontrées, il n'a pas été possible de réaliser une évaluation de la politique de lutte contre le bruit au niveau national. L'approche retenue s'intéresse à quelques cas représentatifs des conditions de circulation et des milieux récepteurs. Elle fournit des ordres de grandeurs concernant les champs de pertinence des différents dispositifs de réduction des nuisances sonores.

Les deux cas types retenus sont des infrastructures représentatives des conditions de circulation en rase campagne d'une part et en milieu urbain d'autre part, avec les caractéristiques suivantes :

- en rase campagne : une autoroute 2 fois 3 voies de trafic moyen journalier annuel égal à 35 000 véh/j, dont 20 % de poids lourds, et une vitesse de circulation de 130 km/h (exemples : A10 entre Orléans et Tours, A11 entre Chartres et Le Mans) ;
- en milieu urbain : une autoroute 2 fois 3 voies de trafic moyen journalier annuel égal à 80 000 véh/j, dont 20 % de poids lourds, et une vitesse de circulation de 90 km/h (exemple : A86 aux alentours de Nogent-sur-Marne).

Le niveau sonore à proximité immédiate de la chaussée croît avec le volume de trafic et de la vitesse de circulation. Dans ces deux cas, il est de l'ordre de 87 décibels (dB(A)), les écarts en termes de trafic étant compensés par les différences de vitesses des véhicules (*encadré 1*).

<sup>1</sup> La présente note est rédigée à partir du dossier d'analyse économique « Politique de lutte contre le bruit dans les transports routiers » publié dans le rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation (CCTN) sur les transports en 2005. Ce dossier a été réalisé dans le cadre de la loi de finances rectificative pour 2002 (art. 12) qui instaure une démarche d'évaluation ex post des politiques publiques dans le domaine des transports visant plus précisément à « mettre en valeur les résultats obtenus par rapport aux moyens financiers publics engagés ».

### Unités de mesure du bruit

Un bruit se caractérise par son niveau de pression acoustique, mesuré en décibel (dB). Le décibel est, à un coefficient près, le logarithme du rapport de la pression acoustique constatée à un niveau de référence.

L'oreille humaine n'ayant pas la même sensibilité au bruit sur toutes les fréquences du spectre acoustique, la mesure du bruit dans l'environnement utilise fréquemment le décibel A, noté dB(A), correspondant à la moyenne pondérée des niveaux sonores en fonction de cette sensibilité.

Le bruit est un phénomène variable dans le temps. Pour mesurer une exposition continue au bruit, un niveau de bruit équivalent, noté  $LA_{eq}$  et exprimé en dB(A), est calculé. Cet indicateur mesure le niveau de bruit constant dans le temps qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit existant réellement émis pendant la période considérée. On distingue généralement un indicateur diurne, mesuré sur la période 6 h-22 h, et un indicateur nocturne, mesuré sur la période 22 h-6 h.

### Des dispositifs selon les milieux de circulation

Les mesures de réduction du bruit examinées dans cet article ne concernent que les actions sur les infrastructures. La classification retenue est la suivante :

- les dispositifs propres à la rase campagne ou au milieu urbain diffus :
  - buttes en terre de 3 m de hauteur, sans aménagement paysager et avec le minimum d'emprise foncière (largeur de 12,5 m) ;
  - buttes en terre de 3 m de hauteur comportant des aménagements paysagers ainsi qu'une emprise foncière plus large (largeur de 18,5 m) ;
  - tranchée ouverte ;
- les dispositifs propres au milieu urbain dense :
  - tranchées avec murs ;
  - tranchées avec murs, complétées par des panneaux acoustiques ;
  - couverture d'une tranchée préexistante : il s'agit de couvertures légères (profilées, coques métalliques) avec pour objectif unique la réduction des nuisances sonores. L'espace ainsi gagné n'est donc pas directement réutilisable (aucune circulation même piétonne, hormis pour l'entretien) ;
  - tranchée couverte (couvertures légères ne permettant pas la réutilisation de l'espace gagné en surface) ;
- les dispositifs applicables quel que soit le milieu :
  - mise en place d'écrans acoustiques ;
  - utilisation d'un revêtement limitant les nuisances sonores.

À chacun de ces dispositifs peuvent être associés une réduction des nuisances sonores, un « surcoût » de l'infrastructure routière ainsi qu'une emprise foncière nécessaire à leur réalisation (*figure 1*).

### Les dispositifs anti-bruit, principale mesure des politiques de lutte contre le bruit

Sur les 200 M€ engagés en 2003, le traitement des « points noirs » des réseaux routier et ferroviaire nationaux domine largement (138 M€). Ce programme regroupe une série d'actions curatives se traduisant par la mise en place de divers dispositifs anti-bruit : écrans, remblais, couvertures de tronçons autoroutiers ou ferroviaires en milieu urbain...

À cela s'ajoutent les mesures suivantes :

- le traitement des réseaux des collectivités : 45 M€ ;
- le traitement des transports urbains et ferroviaires (hors programme « points noirs ») : 5 M€ ;
- les actions préventives sur les infrastructures nouvelles (réseau national) : 10 M€.

**Figure 1 – Caractéristiques des différents dispositifs étudiés**

		Réduction des nuisances sonores (dB(A))	Surcoût hors coût du foncier (M€/km)	Emprise foncière (m <sup>2</sup> /ml)
Dispositifs propres à la rase campagne et au milieu urbain diffus	Buttes en terre sans aménagement + minimum d'emprise	6	0,26	25
	Butte en terre avec aménagement paysager + emprise plus large	6	0,77	37
	Tranchée simple	6	2,0	25
Dispositifs propres à la rase campagne et au milieu urbain dense	Tranchée avec murs	6	9,4	0
	Tranchée avec murs + panneaux acoustiques	7	11	0
	Couverture d'une tranchée préexistante <sup>2</sup>	15	14	0
	Tranchée couverte	21	23	0
Dispositifs applicables quel que soit le milieu	Ecrans acoustiques	6	1,2	3
	Revêtement limitant les nuisances sonores <sup>3</sup>	4	0,08	0

Sources : Setra, Département suisse de l'environnement, circulaire du 25 mai 2004 relative au bruit des infrastructures de transports terrestres (MTETM, MEDD, METCS)<sup>4</sup>

Au total, les dépenses de lutte contre le bruit dans le secteur des transports terrestres s'élèvent à 200 millions d'euros (M€) en 2003 principalement concentrés sur les dispositifs anti-bruit (*encadré 2*).

### Différentes méthodes pour la valorisation monétarisée du bruit

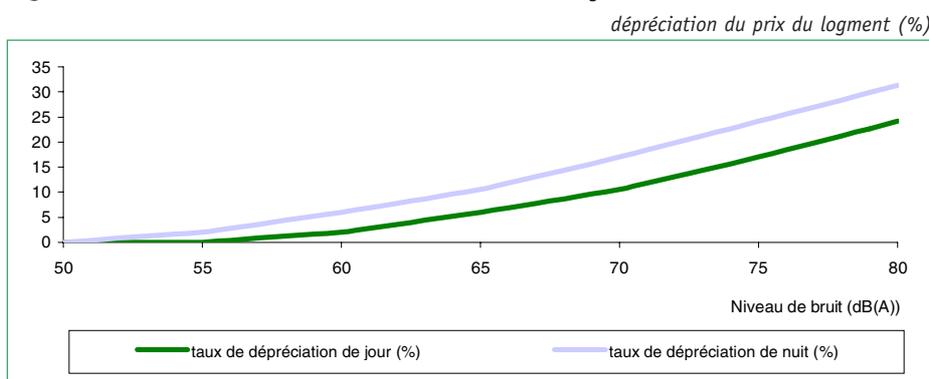
L'instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport : la dépréciation des logements due au bruit.

Cette approche s'appuie sur les valeurs proposées dans le projet de révision en cours de la circulaire du 20 octobre 1998 sur l'évaluation des investissements routiers appliquant pour le mode routier l'Instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport. Celle-ci se fonde sur une évaluation de la dépréciation de la valeur des logements en fonction des niveaux sonores mesurée en façade. En notant  $V$  la valeur locative moyenne d'un logement, la dépréciation

$$s'écrit : B = \frac{1}{2}V(t_j + t_n)$$

Les termes  $t_j$  et  $t_n$  caractérisant les nuisances de jour et de nuit évoluent avec les niveaux sonores (*figure 2*).

**Figure 2 – Valorisations des nuisances sonores de jour et de nuit**



Source : Instruction cadre du 25 mars 2004 relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport

<sup>2</sup> Il est également possible d'envisager des couvertures semi-lourdes ou lourdes qui permettent une réutilisation de l'espace gagné en surface. Dans ce cas, les surcoûts par rapport à la couverture légère sont respectivement de l'ordre de 5 % et 15 % (hors aménagements complémentaires) ; les avantages en termes d'espace gagné devraient alors être pris en compte.

<sup>3</sup> En première approche, le niveau de réduction des nuisances sonores lié aux revêtements est supposé constant dans le temps, bien que celui-ci se dégrade au fur et à mesure du vieillissement des enrobés.

<sup>4</sup> Ministère de l'écologie et du développement durable, ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, et ministère de l'emploi, du travail et de la cohésion sociale.

La valeur locative moyenne retenue d'un logement est de  $V = 473$  EUR/mois, avec une évolution dans le temps comme celle du produit intérieur brut. Cette valeur doit être modifiée pour tenir compte de la densité de population du milieu étudié : elle est supposée augmenter de 1 c€ par habitant compté par km<sup>2</sup> <sup>5</sup>.

### Les méthodes de consentement à payer

Les résultats de ces méthodes de valorisation sont repris de la revue de littérature réalisée dans le cadre de l'étude IWW Infrass « External Costs of Transport » de 2004 (référence 2).

Parmi les études citées, sont utilisées les valeurs suivantes obtenues dans le cas de la France (figure 3) :

- les valeurs les plus faibles recensées<sup>6</sup>, notées CAP- ;
- les valeurs les plus élevées recensées<sup>7</sup>, notées CAP+ ;
- les valeurs finalement retenues dans l'étude IWW Infrass, notées CAP IWW Infrass.

**Figure 3 – Valorisations des nuisances sonores issues des méthodes de consentement à payer**

en € par habitant par an

Niveau sonore (dB(A))	CAP- (€/hab.an)	CAP+ (€/hab.an)	CAP IWW Infrass (€/hab.an) <sup>8</sup>
50-55	45	312	0
55-60	156	401	56
60-65	245	512	167
65-70	356	690	278
70-75	445	868	389

Source : IWW Infrass

### Les méthodes d'évaluation du coût des dommages : le coût des dommages sanitaires

Des études montrent une augmentation du risque d'infarctus en fonction du niveau d'exposition aux nuisances sonores à partir de 65 décibels (figure 4). Les résultats de ces méthodes de valorisation sont également repris de la revue de la littérature réalisée dans le cadre de l'étude IWW Infrass de 2004. Parmi l'ensemble des études recensées, sont utilisées les valeurs suivantes :

- les valeurs issues des études « Road traffic noise and heart disease risk : result of the epidemic study in Caerphilly, Speedwell and Berlin », Babisch, Ellwood, Ising, 1993 et « The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise », Babisch, Ising, Kruppa, Wiens, 1994. Ces valeurs sont notées IS+ ;
- les valeurs retenues dans l'étude IWW Infrass, notées IS IWW Infrass.

La valorisation se fonde sur un taux moyen d'infarctus de  $8,3 \cdot 10^{-4}$ /hab.an et une valeur de la vie humaine de 1,5 M€ issue de l'instruction cadre du 25 mars 2004.

**Figure 4 – Valorisations des nuisances sonores issues des méthodes d'évaluation du coût des dommages**

Niveau sonore (dB(A))	IS+		IS IWW Infrass	
	Augmentation du risque d'infarctus (%)	Valorisation (€/hab.an)	Augmentation du risque d'infarctus (%)	Valorisation (€/hab.an)
65-70	20	250	20	250
70-75	20	250	30	375
75-80	70	875	30	375

Source : IWW Infrass

<sup>5</sup> Cette valeur, qui peut paraître faible, intègre en particulier la variation de taille des logements en fonction de la densité de population. Elle est dérivée de l'étude « Le prix des attributs du logement », J. Cavailhès, « Économie et Statistique » n° 381-382, 2005.

<sup>6</sup> Étude « Costing the traffic barrier effect : a contingent valuation survey, Soguel », 1994.

<sup>7</sup> Étude « Der monetäre Wert einer Flug und Strassenlärmreduktion : eine empirische Analyse auf der Grundlage individueller Präferenzen », Pommerhene, 1986.

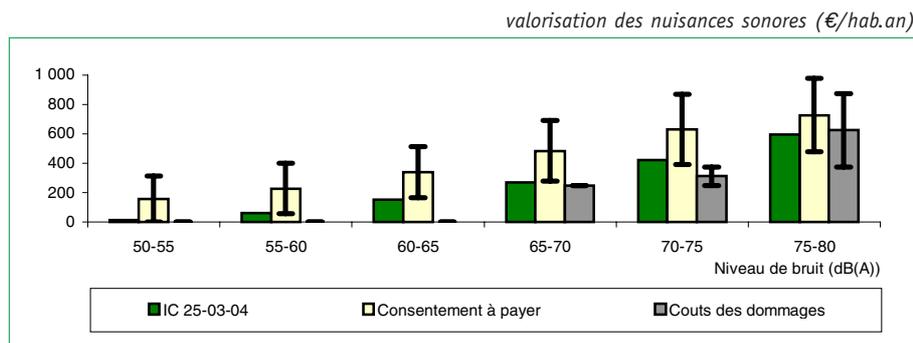
<sup>8</sup> Les valorisations finalement retenues par l'étude IWW Infrass sont inférieures aux valeurs les plus faibles recensées.

## Une variabilité significative des coûts du bruit selon la méthode

Pour les niveaux inférieurs à 65 dB(A), les valeurs issues de l'instruction cadre sont inférieures à celles issues de la méthode des consentements à payer mais supérieures à celles issues de la méthode des coûts des dommages, les impacts sanitaires n'apparaissant qu'au-delà de ce seuil.

En revanche, pour les niveaux supérieurs à 65 dB(A), les valeurs issues de l'instruction cadre sont comparables ou supérieures aux valeurs les plus basses issues de la méthode des consentements à payer. Elles sont supérieures aussi à la valorisation des impacts sanitaires jusqu'à 75 dB(A) ; au-delà, elles correspondent à la moyenne des valorisations disponibles issues de cette méthode (figure 4).

**Figure 4 - Valorisations monétaires des nuisances sonores issues des différentes méthodes et exprimées dans une unité commune**



Sources : IWW Infras, Instruction cadre du 25 mars 2004

Note de lecture : Pour un niveau d'exposition au bruit compris entre 65 et 70 dB(A), la valorisation moyenne des nuisances sonores obtenue en appliquant les résultats des méthodes de consentement à payer est comprise entre 280 et 690 € par habitant et par an.

La dispersion des valeurs pour une même méthode est matérialisée par une barre d'incertitude.

En règle générale, les valorisations ne varient pas linéairement en fonction du niveau des nuisances sonores : par exemple, une réduction de 1 dB(A) n'entraîne pas les mêmes avantages monétaires si le niveau sonore initial est de 80 ou 60 dB(A). L'évaluation des avantages liés à la mise en place d'un dispositif dont vont bénéficier des populations soumises à des niveaux variables de bruit, dépend donc fortement de la manière dont évolue la valorisation du bruit en fonction du niveau sonore sur l'ensemble du spectre acoustique (encadré 3).

Encadré 3

### Modélisation de la propagation du bruit en milieu ouvert

Les équations de propagation du bruit sont dépendantes des caractéristiques de l'environnement physique (présence de vent, obstacles acoustiques...) qui peuvent se révéler déterminantes. L'approche retenue suppose une propagation en milieu ouvert et comporte donc des limites certaines. En particulier, le champ de pertinence se limite aux circulations en milieu interurbain ainsi que sur les voiries urbaines bien dégagées. Dans ce cas, la propagation du bruit d'une infrastructure est caractérisée par <sup>9</sup> :

- une largeur de chaussée  $L$
- un débit  $Q_{VL}$  et  $Q_{PL}$
- une vitesse moyenne du flux  $V$
- à une distance  $x$  des habitations
- pour une infrastructure vue sous un angle  $\theta$

$$s'écrit : LA_{eq} = 18 + 10 \text{Log}(Q_{VL} + EQ_{PL}) + 20 \text{Log}(V) - 12 \text{Log}\left(x + \frac{1}{3}L\right) + 10 \text{Log}\left(\frac{\theta}{180}\right)$$

où  $E$  est l'équivalent acoustique véhicules légers/poids lourds.

Cette équation est modifiée pour tenir compte de l'atténuation linéique due à l'absorption par l'air qui transforme une part de l'énergie acoustique en chaleur. Ce terme dépend de la fréquence du son, de la température et du taux d'humidité de l'air. Une valeur de 4 dB(A) par km est retenue. Il est aussi tenu compte de la décroissance du terme  $\theta$  avec la distance : au fur et à mesure de l'éloignement de la source, différents obstacles (bâtiments...) atténuent les nuisances sonores. Une modélisation spécifique a permis de relier  $\theta$  à la densité de population et donc à celle du bâti. (L'ensemble des hypothèses figure dans le dossier complet publié dans le 43<sup>e</sup> rapport des Comptes des transports de la Nation).

<sup>9</sup> Cette approche est issue du Guide du bruit des transports terrestres, ministère des transports et ministère de l'environnement et du cadre de vie, novembre 1980.

## La couverture des coûts selon la densité de population

Les avantages sont calculés sur une durée de 50 ans (conformément aux dispositions du projet de révision de la circulaire du 20 octobre 1998 sur l'évaluation des investissements routiers), avec un taux d'actualisation de 4 %/an.

Ces avantages sont directement proportionnels à la densité de population située de part et d'autre de l'infrastructure, celle-ci étant supposée uniforme. Il est donc toujours possible de trouver une densité pour laquelle les avantages compensent les coûts. L'approche retenue consiste à déterminer la densité de population à partir de laquelle les avantages sont supérieurs aux coûts des dispositifs. La cohérence entre la densité de population obtenue et le type de milieu considéré n'est pas posée comme contrainte (*figures 5 et 6, par ordre de densité-seuil croissant et encadré 4*).

**Figure 5 – Densités de population pour lesquelles les avantages des dispositifs des nuisances sonores compensent leurs coûts en rase campagne et milieu urbain diffus**

*en habitants/km<sup>2</sup>*

	Fourchette	IC 25/03/2004	CAP -	CAP +	CAP IWW Infrás	IS +	IS IWW Infrás
Revêtement limitant les nuisances sonores*	[120 ; 200]	140	170	120	170	120	200
Buttes en terre sans aménagement + minimum d'emprise	[260 ; 450]	320	370	260	370	270	450
Butte en terre avec aménagement paysager + emprise plus large	[780 ; 1 300]	920	1 100	780	1 100	810	1 300
Ecrans acoustiques*	[1 100 ; 2 000]	1 400	1 600	1 100	1 600	1 200	2 000
Tranchée simple	[2 000 ; 3 400]	2 300	2 800	2 000	2 800	2 100	3 400

Source : Calculs MEDAD/SESP

**Figure 6 – Densités de population pour lesquelles les avantages des dispositifs des nuisances sonores compensent leurs coûts en milieu urbain dense**

*en habitants/km<sup>2</sup>*

	Fourchette	IC 25/03/2004	CAP -	CAP +	CAP IWW Infrás	IS +	IS IWW Infrás
Revêtement limitant les nuisances sonores*	[320 ; 1 400]	600	580	320	670	570	1 400
Ecrans acoustiques*	[3 600 ; 13 000]	6 100	6 500	3 600	7 500	7 400	13 000
Couverture d'une tranchée préexistante	[17 000 ; 59 000]	25 000	33 000	17 000	39 000	34 000	59 000
Tranchée avec murs	[26 000 ; 91 000]	30 000	47 000	26 000	54 000	53 000	91 000
Tranchée avec murs + panneaux acoustiques	[26 000 ; 110 000]	31 000	48 000	26 000	56 000	62 000	110 000
Tranchée couverte	[23 000 ; 83 000]	33 000	45 000	23 000	55 000	52 000	83 000

\* Les écarts entre les fourchettes obtenues entre la rase campagne et les milieux urbains diffus d'une part, et les milieux urbains denses d'autre part, reflètent les différences d'hypothèses concernant les volumes de trafics et les vitesses de circulation.

Source : Calculs MEDAD/SESP

### Encadré 4

#### Quelques ordres de grandeur sur les densités de population

La densité moyenne de population en milieu rural est de l'ordre de 20 hab/km<sup>2</sup> et dépasse rarement 100 hab/km<sup>2</sup> ; la densité moyenne de population dans les couronnes périurbaines est généralement comprise entre 50 et 500 hab/km<sup>2</sup> ; les grandes villes-centre de province ont des densités moyennes comprises entre 3 000 et 10 000 hab/km<sup>2</sup> ; Paris a une densité moyenne de l'ordre de 20 000 hab/km<sup>2</sup>.

## Des fourchettes de densités larges

La grande variabilité des coûts sociaux des nuisances sonores en fonction des techniques de valorisation utilisées et la forte dispersion de valeurs pour une même méthode expliquent les écarts parfois importants des fourchettes de densité.

En règle générale, la méthode issue de l'instruction cadre du 25 mars 2004 se situe dans le milieu de la fourchette en rase campagne (avec des écarts de 15 à 30 % par rapport aux niveaux de valorisation minimum et maximum) et davantage vers le bas de la fourchette en milieu urbain dense (avec des écarts de 15 à 90 % par rapport aux niveaux de valorisation minimum et maximum).

## Les dispositifs pertinents selon les densités

Il s'agit d'avantages cumulés sur l'ensemble de la population concernée quel que soit le niveau initial des nuisances sonores : ce montant est donc avant tout déterminé par la manière dont évolue la valorisation du bruit en fonction du niveau sonore sur l'ensemble du spectre acoustique.

En rase campagne ou en milieu urbain diffus, les dispositifs pertinents au sens de la présente approche sont :

- les buttes en terre, à partir de densités de population de l'ordre de quelques centaines d'habitants au km<sup>2</sup> ;
- les revêtements limitant les nuisances sonores, à partir de densités de l'ordre de 100 à 200 hab/km<sup>2</sup> ;
- en revanche, la mise en place de tranchées n'apparaît pas justifiée dans cette approche pour ce type de milieu.

En milieu urbain dense, les dispositifs pertinents au sens de l'approche sont :

- les revêtements limitant les nuisances sonores, à partir de densités de l'ordre de quelques centaines d'habitants au km<sup>2</sup> ;
- les écrans acoustiques, à partir de densités de population de l'ordre de quelques milliers d'habitants au km<sup>2</sup> ;
- les autres dispositifs, tranchées avec murs, équipées ou non de panneaux acoustiques et couverture de tranchée, ne semblent économiquement justifiés que pour des densités très élevées, à partir de 20 000 hab/km<sup>2</sup>, densité qui ne se rencontre qu'à Paris. De plus, ces dispositifs ne semblent pertinents, même en milieu très dense, qu'en retenant les méthodes de valorisation du bruit les plus élevées.

## Références

- 1 Le prix des attributs du logement, J. Cavailhès, Économie et Statistique n° 381-382, 2005.
- 2 External Costs of Transport, IWW Infrac, octobre 2004, disponible sous [www.uic.asso.fr/html/environnement/cd\\_external/docs/externalcosts\\_en.pdf](http://www.uic.asso.fr/html/environnement/cd_external/docs/externalcosts_en.pdf)
- 3 Étude, Costing the traffic barrier effect : a contingent valuation survey, Soguel, 1994, publié dans la référence 2.
- 4 Étude, Der monetäre Wert einer Flug und Strassenlärmreduktion : eine empirische Analyse auf der Grundlage individueller Präferenzen, Pommerhene, 1986, publié dans la référence 2.
- 5 Road traffic noise and heart disease risk : result of the epidemic study in Caerphilly, Speedwell and Berlin, Babisch, Ellwood, Ising, 1993, publié dans la référence 2.
- 6 The incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise, Babisch, Ising, Kruppa, Wiens, 1994 publié dans la référence 2.
- 7 Guide du bruit des transports terrestres, ministère des transports et ministère de l'environnement et du cadre de vie, novembre 1980.

Le dossier complet d'analyse économique des politiques publiques relatif à la politique de lutte contre le bruit dans les transports routiers est publié dans le [43<sup>e</sup> rapport des Comptes des transports de la Nation en 2005, juillet 2006](#), disponible sur [www.statistiques.equipement.gouv.fr](http://www.statistiques.equipement.gouv.fr).

