



98-76-073

**Centre d'Études
Techniques
de l'Équipement
de l'Est**



**Laboratoire Régional
des Ponts et Chaussées
de Strasbourg**

Accrédité Cofrac Essais
sous le n° 1-0083

Certifié ISO 9001
AFAQ n° QUAL/1998/10243

PREDIT n°8

**"Monétarisation des effets externes
des Transports"**

Coût d'évitement du Bruit

B. DULAU

Novembre 99



SOMMAIRE

0. Introduction	4
I. Les moyens de protection acoustique	5
I.1. Les écrans acoustiques	5
I.2. Les merlons	6
I.3. L'isolement de façade	6
I.4. Les couvertures	7
I.5. Autres moyens	7
I.5.1. Cas des revêtements routiers "peu bruyants"	7
I.5.2. Mise en tranchée de la voie	10
I.5.3. Modification d'une voie – déviation	10
I.6. Moyens de protection mixtes	10
II. Indicateur « coût du dB évité par personne protégée »	11
II.1. Indicateurs	11
II.1.1 Indicateur simple (grossier) :	11
II.1.2 Indicateurs plus évolués :	13
a) Coût Efficacité	13
b) Application	14
c) Classes de niveaux sonores	14
d) Pondération	16
e) Limites du concept de classe de niveaux sonores	16
f) Hiérarchiser les PNB à traiter	16
II.1.3 Prise en compte de la notion de gêne	16
II.2. Indicateur suisse	18
a) But	18
b) Définition du coût efficacité	18
c) Considérations pratiques concernant la détermination de cet indicateur	18
d) Définition d'un degré : hiérarchiser les situations à traiter	19
e) Degré d'atteinte de l'objectif fixé	19
f) Autres considérations	20
III. Synthèse des coûts par type de protection – facteurs de variation	21
III.1. Merlon	21
III.2. Ecran	22
III.3. Isolement de façade	26
III.4. Couverture	27
III.5. Revêtement	27
IV. Présentation de différents sites	30
IV.1. Contexte réglementaire	31
IV.2. Sites avec Ecran	33
IV.2.1 A 10 l'Aquitaine	33
IV.2.1.1 Ecran de Chasseneuil	33
a) Situation	33
b) Coût des travaux	33
c) Coût Efficacité	34
IV.2.1.2 Ecran de Biard	35
a) Situation	35
b) Coût des travaux	35
c) Coût Efficacité	36



IV.2.1.3 Ecran et merlon de Beaumont	36
a) Situation	36
b) Coûts des travaux	36
c) Coût Efficacité	37
IV.2.1.4 Ecran de Saint-Avertin	38
a) Situation	38
b) Coût des travaux	38
c) Coût Efficacité	39
IV.2.2 Ecran de Custines	39
a) Situation	39
b) Coût des travaux de l'écran	42
c) Coût Efficacité de l'écran	42
d) Evaluation de l'incertitude	43
e) Protection complémentaire : isolement de façade	43
f) Coût des travaux d'isolement de façade	44
g) Coût Efficacité des protections de façades	44
h) Coût Efficacité total (écran + isolement de façade)	44
IV.2.3 Bel Air	45
a) Situation	45
b) Coût des travaux	45
c) Coût Efficacité	46
IV.2.4 Les Essarts	47
a) Situation	47
b) Coût des travaux	47
c) Coût Efficacité	48
IV.2.5 Bron Parilly Nord	49
a) Introduction	49
b) Situation	49
c) Coût des travaux	52
d) Coût Efficacité	53
IV.2.6 Ecran et merlon de Petite Forêt	54
a) Situation	54
b) Coût des travaux	54
c) Coût efficacité	55
IV.2.7 Projet d'élargissement de la Francilienne	56
a) Introduction	56
b) Situation	56
c) Coût Efficacité	59
IV.3. Isolement de façade	62
IV.3.1 Site de Bar le Duc	62
a) Situation	62
b) Coût des isolements de façade	64
c) Coût Efficacité	64
IV.3.2 Autres opérations d'isolement de façade	65
IV.4. Couverture - Projet sur l'A3	67
IV.4.1 Projet de couverture de l'A3 à Bagnolet et Montreuil	67
a) Introduction	67
b) Pression des élus et des associations de riverains	67
c) Présentation du site étudié dans l'étude préliminaire	68
d) Le projet de couverture	69
e) Calcul du Coût Efficacité	70
f) Remarque : cas de la couverture lourde	74
IV.4.2 Projet de couverture de l'A3 à Romainville	74
a) Introduction	74
b) Site de Romainville	74
c) Le projet de couverture	75
d) Calcul du Coût Efficacité	75
e) Remarque	76
IV.5. Comparaison écran – isolement de façade	77



<i>V. Sources – Incertitudes associées aux valeurs obtenues - Faisabilité</i>	80
V.1. Source des informations permettant de calculer un Coût Efficacité	80
V.2. Fiabilité des renseignements	83
<i>VI. Synthèse des résultats</i>	85
<i>Conclusion</i>	88
<i>Table des illustrations</i>	90
<i>Bibliographie</i>	91
<i>ANNEXES</i>	92
Sommaire des annexes	93

rapport



0. Introduction

Ces quinze dernières années, le problème des nuisances sonores est devenu une préoccupation majeure. L'augmentation constante du trafic routier génère des niveaux sonores que les riverains d'infrastructures des transports ne peuvent tolérer. Le bruit perturbe des activités quotidiennes comme l'écoute de la radio, celle de la télévision, la lecture ou encore les conversations, qu'elles soient téléphoniques ou non. De manière plus dommageable, il provoque également des troubles du sommeil et peut être, dans des situations extrêmes, une des causes d'un état dépressif. Il est, en ce sens, considéré comme un véritable problème de santé publique.

Des politiques de lutte contre le bruit ont été mises en place. Différents textes réglementaires imposent ainsi des protections acoustiques afin de ne pas dépasser un niveau sonore défini.

La présente étude s'intègre au programme Prédit n°8 relatif à la monétarisation des effets externes des transports. Un des volets de ce programme concerne l'évaluation du coût d'évitement du bruit des transports terrestres. Il s'agit ici d'une étude de faisabilité sur la définition d'un Coût Efficacité. Le cahier des charges est présenté en Annexe. La démarche du Laboratoire Régional de Strasbourg a été d'évaluer ce Coût Efficacité à travers l'étude de réalisations concrètes de protection acoustique. Prendre en compte le problème du bruit coûte cher. Il est donc utile de s'intéresser à l'impact des moyens de protection envisagés en terme de gain en dB et de nombre de logements protégés.

Après avoir présenté les moyens de protection acoustique existants, nous exposerons les différentes manières d'aborder le calcul du Coût Efficacité. Un bref rappel du contexte réglementaire nous permettra ensuite d'exposer des opérations réalisées dans le cadre d'un rattrapage PNB ou lors d'une construction de voirie nouvelle.

Dans l'objectif de prévoir le coût d'éventuels projets futurs, nous ferons une synthèse des coûts pouvant être associés à chaque moyen de protection.

Finalement, nous présenterons la méthode employée pour la recherche des données indispensables à cette étude et en préciserons les limites. Nous pourrions ainsi conclure sur la faisabilité d'une étude de ce genre.

Nous tenons à remercier toutes les DDE, maîtres d'ouvrage et industriels nous ayant permis de mener à bien cette étude.



I. Les moyens de protection acoustique

Différents moyens de protection acoustique peuvent être envisagés lorsqu'il s'agit de lutter contre le bruit.

Ce chapitre a pour but de les présenter en indiquant les avantages et les inconvénients de chacun d'entre eux.

I.1. Les écrans acoustiques

Les écrans acoustiques sont un des moyens généralement envisagés afin d'améliorer la situation acoustique de logements situés en zone bruyante.

L'efficacité acoustique des écrans dépend de la distance et des angles entre la source, l'arrête de l'écran et le point de réception.

Ils permettent en moyenne d'obtenir des gains entre 5 et 12 dB(A). Généralement, pour avoir une efficacité supérieure à 10 dB(A), ces écrans doivent cependant être assez élevés (d'une hauteur supérieure à 5 m).

Grâce à cette protection

- ✓ La gêne ressentie par les riverains diminue de manière assez importante.
- ✓ Les espaces extérieurs sont protégés.
- ✓ On constate une augmentation du sentiment de sécurité vis-à-vis de la voie.
- ✓ La pollution extérieure (derrière l'écran) est un peu diminuée.

Ce mode de protection possède cependant certains inconvénients.

Outre le fait qu'il ne puisse pas être utilisé dans toutes les situations (en agglomération notamment) et qu'il ne permette pas - ou peu - de protéger les étages supérieurs des immeubles très élevés (un écran de très haute taille n'étant pas réaliste), l'écran engendre souvent les plaintes suivantes :

- ✓ Intrusion visuelle
- ✓ Sentiment d'enfermement
(Certaines personnes âgées en particulier vivent très mal l'apparition d'un écran en face de chez elles quand ce dernier est opaque).
- ✓ Emergence des bruits de voisinage
- ✓ Bruit de mobylette et/ou moto pouvant devenir très gênant à cause des réflexions entre l'écran et les façade des immeubles



- ✓ Basses fréquences peu atténuées.
Il en résulte la perception d'un bruit grave derrière l'écran qui, même si son niveau sonore est peu élevé, peut être perçu comme gênant.
- ✓ Atténuation apportée un peu plus faible pour les poids lourds

Remarque : Nous n'aborderons ici que les avantages et les inconvénients perçus par les riverains, non ceux perçus par les utilisateurs.

I.2. Les merlons

Les merlons de terre, dont l'efficacité dépend de leur hauteur, sont un moyen relativement peu coûteux de lutter contre le bruit. Leur impact visuel est agréable. Leur efficacité est comparable à celle d'un écran acoustique.

En effet si, pour une même hauteur et placé à la même distance de la voie, le merlon permet d'obtenir théoriquement des gains de 5 dB(A) (voire plus) supérieurs à ceux des écrans, le problème de la large base qu'ils nécessitent engendre, sur le terrain, un gain semblable.

Leur principal inconvénient réside dans la place qu'ils requièrent. Leurs bases sont très larges (2 m de large pour 1 m de haut ou, pour les merlons dont les pentes sont assez abruptes 3 m de large pour 2 m de haut).

La question de l'entretien doit être également soulevée si ce merlon est végétalisé.

I.3. L'isolement de façade

L'isolement de façade permet des gains de 5 dB(A) minimum et pouvant atteindre plus de 20 dB(A) – avec des doubles fenêtres ou double loggias notamment.

Les avantages de l'isolement de façade sont les suivant :

- ✓ Sa grande efficacité entraîne une nette diminution du nombre des activités perturbées par le bruit à l'intérieur des habitations.
- ✓ C'est un moyen qui reste efficace en bordure de voies comportant un fort pourcentage de poids lourds avec des niveaux sonores élevés.
- ✓ Il permet d'isoler des derniers étages des hauts immeubles.
- ✓ Son efficacité reste constante quelles que soient les conditions météorologiques.
- ✓ Il permet d'améliorer l'isolement thermique.



- ✓ Il entraîne une diminution de la pollution venant de l'extérieur.

Des inconvénients doivent toutefois être signalés :

- ✓ Ce moyen ne protège pas les espaces extérieurs.
- ✓ Il entraîne une obligation à vivre les fenêtres fermées. (Cela peut être particulièrement mal vécu en été).
- ✓ Les bruits de voisinage émergent.
- ✓ Ce moyen de protection peut être difficile à mettre en place confronté à des constructions anciennes en ville notamment.
- ✓ L'accord des habitants est nécessaire et cela entraîne souvent des discussions difficiles.
- ✓ Une contribution financière minimale est demandée aux riverains dans certains départements. La décision est prise par la DDE.

I.4. Les couvertures

C'est un moyen de protection très efficace (du moins sur la partie située de part et d'autre de la voie ainsi protégée). Ce moyen de protection est cependant très coûteux et n'est donc pas souvent utilisé (hormis dans la région parisienne dans laquelle la forte densité de population dans certaines zones bruyantes explique ce choix).

I.5. Autres moyens

Les moyens de protection traités ci-dessous revêtent un caractère particulier étant donné qu'ils ne sont jamais utilisés pour des raisons purement acoustiques. Le choix de poser un revêtement silencieux, de mettre la voie en tranchée, de modifier une voie ou de faire une déviation dépend de nombreux facteurs. Les considérations acoustiques ne sont pas un critère déterminant. Il est plus juste de percevoir le gain sonore engendré par l'emploi de ces solutions en terme de bénéfice supplémentaire, de « plus ».

I.5.1. Cas des revêtements routiers "peu bruyants"

Les revêtements "peu bruyants" (qui sont des bétons bitumineux à faible granulométrie : BBTM 0/6, BBUM 0/6 ou des enrobés drainants : BBDR 0/10 par exemple) intéressent de nombreuses personnes depuis près de quinze ans. Des résultats prometteurs les ont fait apparaître comme un moyen de protection acoustique.



Une note du SETRA [1] définit un revêtement "peu bruyant" comme suit :

« Compte tenu des valeurs limites d'homologation des véhicules légers et des résultats de mesure selon la méthode MFA/VM sur les différentes techniques routières, nous considérons que 76 dB(A) (L_{Amax} à 90 km/h) constitue la limite supérieure pour la qualification "peu bruyante" d'une couche de roulement ».

Selon la circulaire du 12/12/1997 relative à la prise en compte du bruit dans la construction de routes nouvelles ou l'aménagement de routes existantes du réseau national :

« L'utilisation de revêtements de chaussées dits "peu bruyants" peut être considéré comme un complément aux moyens de protection précédemment décrits. (Il s'agit de l'optimisation des caractéristiques géométriques de la route, c'est à dire le tracé, le profil en long, etc. - nous sommes dans le cas des voiries nouvelles, la détermination des conditions de vitesse et la construction de protections du type écran, butte ou couverture). De nombreuses expérimentations ont été faites et sont encore en cours en ce domaine. Toutefois, dans l'état actuel des connaissances des phénomènes et des techniques, il est difficile de garantir la pérennité des qualités acoustiques de ces revêtements. Si on les utilise comme des éléments de protection contribuant au respect des seuils réglementaires, il convient de se baser pour ce qui les concerne, sur des performances acoustiques réalistes et durable ».

Les revêtements "peu bruyants" semblent permettre de gagner entre 2 et 5 dB(A) maximum. Ces gains dépendent de la configuration du site et surtout du trafic et du pourcentage de poids lourds.

Les gains obtenus avec un écran et ceux obtenus avec un revêtement "peu bruyant" ne s'additionnent pas arithmétiquement.

Il est important de souligner ici qu'un revêtement ne sera pas changé pour de simples considérations acoustiques. La pose d'un revêtement silencieux se fait uniquement lorsque le revêtement doit être changé et en prenant en compte tout un ensemble de paramètres (sécurité, etc.).

La caractérisation intrinsèque des performances acoustiques des revêtements se fait par des mesures en champs proche (7.5 m de l'axe de la voie) en terme de L_{Amax} (niveau maximum au passage de véhicules isolés). Ce L_{Amax} (qui caractérise un produit) n'est pas proportionnel au L_{Aeq} qui caractérise un ouvrage (topographie, revêtement, etc.). Cependant, des gains en L_{Amax} peuvent être estimés en L_{Aeq} à proximité de la voie [2].

Si la solution des écrans acoustiques a ses limites (milieu urbain dense entre autre), les revêtements silencieux en ont également :

- ✓ Ils ne sont efficaces que dans les situations où le bruit de roulement domine les autres bruits du véhicule en mouvement (échappement, moteur, transmission, vibration de caisse).
Les voies de circulation où la vitesse est inférieure à 50 km/h ne sont donc pas concernées. Dans ces situations, c'est en effet le bruit moteur qui prédomine. Il en est de même pour les voies en montée. C'est particulièrement perceptible lors du passage d'un camion.
Le bruit de roulement prédomine pour des vitesses supérieures à 100 km/h (voies rapides).



- ✓ La pérennité des performances acoustiques ainsi que l'efficacité des revêtements "peu bruyants" pour les voies subissant un fort trafic poids lourds ne sont pas prouvées.
- ✓ Le problème du colmatage se pose pour les enrobés drainants en milieu urbain, péri urbain ou en rase campagne également.
- ✓ L'entretien des enrobés drainants en hiver est un problème.
La société des autoroutes Paris Rhin Rhône (SAPRR) a ainsi décidé de ne plus utiliser d'enrobés drainants. Au Luxembourg, ils ferment les autoroutes une journée pour cet entretien.

Comme le souligne la circulaire du 12/12/1997, nous n'avons pas encore de recul suffisant vis-à-vis des résultats. Il n'existe actuellement que très peu de données concernant l'évolution de l'efficacité des revêtements au cours du temps, la conservation de leurs performances n'est par conséquent pas encore vérifiée. La base de données revêtement du CERTU, SETRA et du Réseau des LPC, gérée par le LRPC de Strasbourg ainsi que la future base Prédit apporteront dans les années à venir des renseignements utiles à ce sujet. Cependant, déterminer la pérennité "acoustique" du revêtement n'est donc pas facile. Outre le très petit nombre de réalisations permettant aujourd'hui des comparaisons entre revêtements silencieux nouvellement posés et ceux-ci au bout de 3, 4 ans et plus, un autre problème se pose : celui de l'évolution du trafic des routes testées.. A partir des quelques mesures disponibles, une tendance se dessine :

Pour une même technique routière, le niveau sonore des revêtements "peu bruyants" aura tendance à augmenter et celui des revêtements "très bruyants" aura tendance à diminuer, tendant tous deux vers une même limite.

Un rapport concernant la pérennité des revêtement a été réalisé en Juin 1999 par Madame Doisy [3].

Une remarque peut ici être faite. L'enrobé drainant transforme le bruit émis par la route en absorbant particulièrement certaines fréquences. Cette considération n'est pas à négliger et une appréciation de la gêne et non du niveau sonore pourrait être utile. Un article de la Revue Générale des Routes et Aérodrome paru en mars 1990 [4], aborde cette question en conclusion. Une enquête concernant l'appréciation des riverains après la pose d'un enrobé drainant sur un chantier expérimental à Nantes révélait en effet que si, pour 1/3 d'autre eux, il y a autant de bruit, 2/3 estiment qu'il y en a moins. Cependant seulement 55 % déclarent qu'il y a eu diminution de la gêne.

Il est vrai toutefois que diminuer le bruit à la source est la solution la plus appréciable et des recherches en ce sens continuent.



I.5.2. Mise en tranchée de la voie

C'est une possibilité qui permet de réduire durablement et de manière assez importante le bruit.

I.5.3. Modification d'une voie – déviation

Cette solution entraîne une diminution importante de la gêne.

Des couvre-feux instaurés pour les PL par exemple semblent efficaces. Le bruit change de nature. Diminuer le trafic et/ou les vitesses sont des options non coûteuses.

Ces solutions permettent de plus d'augmenter le sentiment de sécurité vis-à-vis de la voie.

Leur limite est qu'elles ne concernent que les VRU.

Leur inconvénient principal est l'impact qu'elles peuvent avoir sur les autres itinéraires.

- Cas des zones à 30 en agglomération :

Ces zones ne sont pas créées dans un but acoustique mais pour permettre d'améliorer le confort et la sécurité des piétons en centre ville.

Selon M. Mériel du LRPC de Blois, le gain acoustique, que l'on pourrait penser qu'elles permettent, est d'ailleurs remis en cause par les circulations pulsées que ces zones engendrent. A l'entrée et à la sortie, les niveaux sonores sont ainsi généralement plus élevés après l'installation de la zone 30 qu'avant.

I.6. Moyens de protection mixtes

Le plus souvent, c'est un moyen de protection mixte qui sera envisagé. Un isolement de façade sera ainsi prévu en complément d'un écran acoustique. La circulaire du 12/12/1997 précise que "les protections à la source seront alors dimensionnées pour assurer le respect des objectifs réglementaires pour les espaces au sol proches des bâtiments, le complément nécessaire aux étages supérieurs étant apporté par l'isolement de façade".



II. Indicateur « coût du dB évité par personne protégée »

II.1. Indicateurs

Le but de ce chapitre déterminer des indicateurs permettant d'évaluer le coût efficacité des moyens de protection, c'est à dire leur coût par dB qu'il permettent de "gagner" et par personne ou habitation protégée.

Les indicateurs ci-dessous peuvent s'appliquer aux voies nouvelles ou ayant subies des modifications significatives comme aux travaux de résorption des PNB.

II.1.1 Indicateur simple (grossier) :

Soit l'indicateur CGP suivant :

$$\text{CGP} = \frac{\text{coût des moyens de protection}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}} - (L_{\text{Aeq}})_{\text{final}} \right] \times \text{nb d'habitations (ou personnes) protégées}}$$

(CGP = Coût / Gain - Personne)

Deux problèmes se posent, particulièrement quand les constructions sont denses :

- La définition des $(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}}$ et $(L_{\text{Aeq}})_{\text{final}}$
- La définition du *nombre d'habitations (ou personnes) protégées*

Plusieurs estimations des $(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}}$ et $(L_{\text{Aeq}})_{\text{final}}$ peuvent être envisagées :

1. $(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}} - (L_{\text{Aeq}})_{\text{final}}$: Niveau acoustique moyen initial et final en façade des maisons les plus proches de la voie (pour les écrans, les merlons, les couvertures).

On doit en effet remarquer que de nombreux facteurs interviennent - distance des maisons à la voie notamment - qui font que ce niveau n'est pas homogène.

Pour l'isolement de façade : les niveaux que l'on considère sont les niveaux à l'intérieur des habitations. On regarde ainsi la différence entre le niveau



d'isolation classique et celui de l'isolation supérieure imposée par une voie trop bruyante (25 dB(A) : seuil "isolement courant").

2. $(L_{Aeq})_{final}$: Objectif visé
 - ✓ soit la valeur imposée par la loi bruit dans le cas de construction de voiries nouvelles ou modification significative de voiries existantes
 - ✓ soit l'objectif que l'on souhaite atteindre : 65 dB(A) dans le cas des rattrapages de PNB.
3. $(L_{Aeq})_{initial} - (L_{Aeq})_{final}$: gain moyen estimé de la protection

Estimation du gain moyen en fonction de la protection concernée :

- ✓ Ecrans :entre 7 dB(A) et 10 dB(A)

(On peut également penser à utiliser une formule qui permette une approximation prenant compte la hauteur de l'écran, la distance écran-récepteur, de la longueur de l'écran, etc.). Reste que ce ne sera là qu'une approximation ne tenant pas compte des effets météo par exemple.
- ✓ Merlons :Gain comparable à celui d'un écran.
- ✓ Isolement de façade :10 dB(A)
- ✓ Revêtement silencieux : ...5 dB(A) max.

Remarques :

- Considérer que le nombre *d'habitations (ou de personnes) protégées* est le nombre de bâtiments aux abords directs de la voie équivalent à négliger l'influence du mur sur des maisons situées derrière les bâtiments directement concernés.
- Si les gains varient de manière trop importante, il faut prendre un indicateur moins grossier et considérer différentes classes de niveaux sonores, chacune étant associée à la population qu'elle représente.
- Le coût peut être ramené à un coût par année en prenant en compte les notions de maintenance et de pérennité.



II.1.2 Indicateurs plus évolués :

a) Coût Efficacité

$$CE = \frac{\text{coût des moyens de protection}}{\Delta E}$$

avec

1. Première possibilité :

$$\Delta E = \left[\sum P_i \Psi(L_i) \right]_0 - \left[\sum P_i \Psi(L_i) \right]_1$$

(nombre sans grandeur)

$\left[\sum P_i \Psi(L_i) \right]_0$ est relatif à la situation initiale.

$\left[\sum P_i \Psi(L_i) \right]_1$ est relatif à la solution finale.

P_i est la population soumise à un niveau sonore L_i .

$\Psi(L_i)$ peut être défini de la manière suivante :

$$\Psi(L_i) = 2^{\frac{L_i - L_s}{10}}$$

L_s est un niveau seuil que l'on peut fixer à 55 dB(A).

On peut se reporter à la recherche de J. Lambert [5] sur un indicateur de coût-efficacité.

Cette définition de $\Psi(L_i)$ prend en compte la notion de bruyance :

La sensation de bruyance double quand le bruit augmente de 10 dB(A).

2. Deuxième possibilité

ΔE peut également être défini simplement par :

$$\Delta E = \left[\sum P_i L_i \right]_0 - \left[\sum P_i L_i \right]_1$$

ce qui équivaut à $\Psi(L_i) = L_i$

On prend alors en considération le niveau sonore en dB(A) initial et final dans les différentes zones.



b) Application

En pratique, dans la recherche des coûts efficacité d'opérations, nous raisonnerons souvent en terme de gain par logements (ou personnes) et non de différence de population soumis à un niveau sonore donné.

L'efficacité ΔE devient donc :

$$\Delta E = \sum P_i \times \text{gain}_i$$

Ce ΔE est différent du ΔE défini au b.

Estimation des gains :

Deux approches sont possibles :

- Soit un calcul de Gain se basant sur un objectif réglementaire. En d'autres termes, on ne calculera les gains en dB que des logements soumis par exemple à des niveaux
 - > 60 dB(A) dans le cadre des voiries nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes
 - > 65 dB(A) dans le cadre de rattrapage de PNB
- Soit un calcul de Gain sur l'ensemble des logements qui bénéficient d'une réduction des niveaux sonore, indépendamment du niveau sonore initial en façade.

Il est clair que les indice Coût/(dB×logement) issus de ces deux approches seront différents.

Une façon d'intégrer dans l'indice Coût/(dB×logement) l'efficacité d'une protection des façades qui ne le nécessitent pas est d'introduire une pondération par classe de niveaux sonores (cf. Projet d'élargissement de la Francilienne et Projet de couverture de L'A3 à Bagnolet et à Montreuil).

c) Classes de niveaux sonores

Dans le cas des réalisations protégeant un assez grand nombre de personnes, c'est un système par classe de niveaux sonores qui sera en pratique utilisé. Différentes zones associées à des niveaux par pas de 5 dB peuvent être déterminées.

Il s'agit de comptabiliser le nombre de logements ou de personnes soumis à des niveaux sonores appartenant à chacune des classes définies. Les valeurs obtenues, pour les situations avant et après la réalisation de la protection acoustique, sont reportées dans un tableau.



Niveau en dB(A)	Population (en terme de logement ou de personnes)	
	Avant	Après
≥70	A	A'
70-65	B	B'
65-60	C	C'
55-60	D	D'
50-55	E	E'
≤50	F'	F'

Pratiquement, on cherche donc à déterminer les gains dont bénéficient chaque personne ou logement soit $\Sigma P_i \times gain_i$.

A partir des données disponibles, on procède par gain de 5 dB(A) en remarquant qu'une habitation bénéficiant d'un gain de 15 dB peut être comptabilisée comme 3 habitations bénéficiant d'un gain de 5 dB(A).

Un tableau récapitulatif de l'ensemble des gains en fonction de la classe du niveau sonore de la situation initiale peut être rempli.

Niveau sonore de la situation initiale	Nombre de personnes/logements bénéficiant d'un gain de 5 dB
≥70 dB(A)	A-A'
70-65 dB(A)	B+(A-A')-B'
65-60 dB(A)	C+(B+(A-A')-B')-C'
55-60 dB(A)	D+(C+(B+(A-A')-B')-C')-D'
50-55 dB(A)	E+(D+(C+(B+(A-A')-B')-C')-D')-E'
≤50 dB(A)	F+(E+(D+(C+(B+(A-A')-B')-C')-D')-E')-F'

Une remarque importante doit ici être faite :

Considérer les changements de classe ne permet pas de prendre en compte des gains inférieurs à 5 dB(A).

Ainsi un logement dont le niveau initial de 69 dB(A) passe à 65 dB(A) se trouvera toujours dans la même classe. Le gain dont il bénéficie ne sera pas comptabilisé.

En revanche un logement passant de 66 dB(A) à 64 dB(A) sera compté comme ayant bénéficié d'un gain de 5 dB(A).

Le problème relatif à l'incertitude se pose donc.

Un pas de 3 ou de 2 dB(A) peut être à envisager.



d) Pondération

A ce concept de classe de niveau sonore il serait intéressant d'associer une pondération du gain de 5 dB(A) en fonction du niveau sonore initial. Cette pondération pourrait éventuellement être différente selon que l'on considère un rattrapage de PNB ou une voirie nouvelle en regard de la situation réglementaire actuelle. Nous aborderons cette éventualité dans les exemples traités (cf. Projet d'élargissement de la Francilienne et Projet de couverture de L'A3 à Bagnolet et à Montreuil).

e) Limites du concept de classe de niveaux sonores

Si ce concept de zones est théoriquement très attrayant, il n'est par contre pas toujours facile d'obtenir ces résultats (particulièrement quand les constructions sont denses).

Entre le niveau sonore avant/arrière des maisons : il y a souvent au moins 10 dB d'écart. Obtenir des courbes isophones à l'aide des logiciels de simulation tel Microbruit quand les maisons sont très rapprochées (même lorsque le maillage est fin) se révèle donc difficile. La solution serait d'utiliser une relativement petite échelle (cf. Rapport de M. Gauran [7] plan à l'échelle 1/10000ème avec Mithra) lors des simulations pour que les courbes isophoniques restent lisibles. Cependant, les mesures simulées de cette manière lors des études acoustiques sont rares.

Une autre solution consiste - à partir des simulations effectuées sur quelques points lors des études acoustiques et à partir du ou des plans fournis - à estimer ces courbes isophoniques. Bien que des formules d'atténuation/km existe et que les abaques du guide du bruit [6] puissent être utiles, cette méthode ne peut toutefois qu'être une estimation. Sa fiabilité est d'ailleurs relativement difficile à évaluer.

f) Hiérarchiser les PNB à traiter

Les indicateurs présentés ici n'ont pas pour objectif de hiérarchiser des Points Noirs Bruit à traiter en priorité. De nombreuses considérations comme les différences de gêne ressentie entre le bruit ferroviaire et le bruit routier, les influences météorologiques dont nous venons de parler, etc. seraient à prendre en compte. Dans ce but, le rapport de M. Geffray [8] sur « Mise en place d'un outil de hiérarchisation des Points Noirs Bruit » pourrait être consulté.

II.1.3 Prise en compte de la notion de gêne

Il pourrait être intéressant, plutôt que d'évaluer l'efficacité de la protection en se basant sur les niveaux L_{Aeq} , de s'intéresser à l'expression de la gêne.



La question reste de savoir quelle courbe reliant niveau en dB(A) et gêne utiliser.

Une relation bruit-gêne est proposée par M. Lambert de l'INRETS. Elle a été trouvée à partir de sites en zones urbaines - ou en grandes infrastructures.

On doit noter ici que la gêne est ressentie différemment suivant les conditions climatiques et donc le mode de vie des personnes des zones considérées.

Dans son rapport de fin d'étude, M. Geffray [8] aborde cette question et propose de distinguer trois zones en France.

Elles ont été obtenues à partir d'un calcul simple de l'occurrence α définie de la manière suivante :

$$\alpha = \frac{\text{Nb de jours où } T^{\circ} \geq \beta}{365}$$

Ce calcul se base sur l'hypothèse qu'au-dessus d'une certaine valeur β de la température, les fenêtres des logements sont ouvertes. Que l'on prenne $\beta = 18^{\circ}\text{C}$ ou 20°C , on obtient la même répartition géographique.

Caractérisation des régions en fonction de la valeur de l'occurrence α

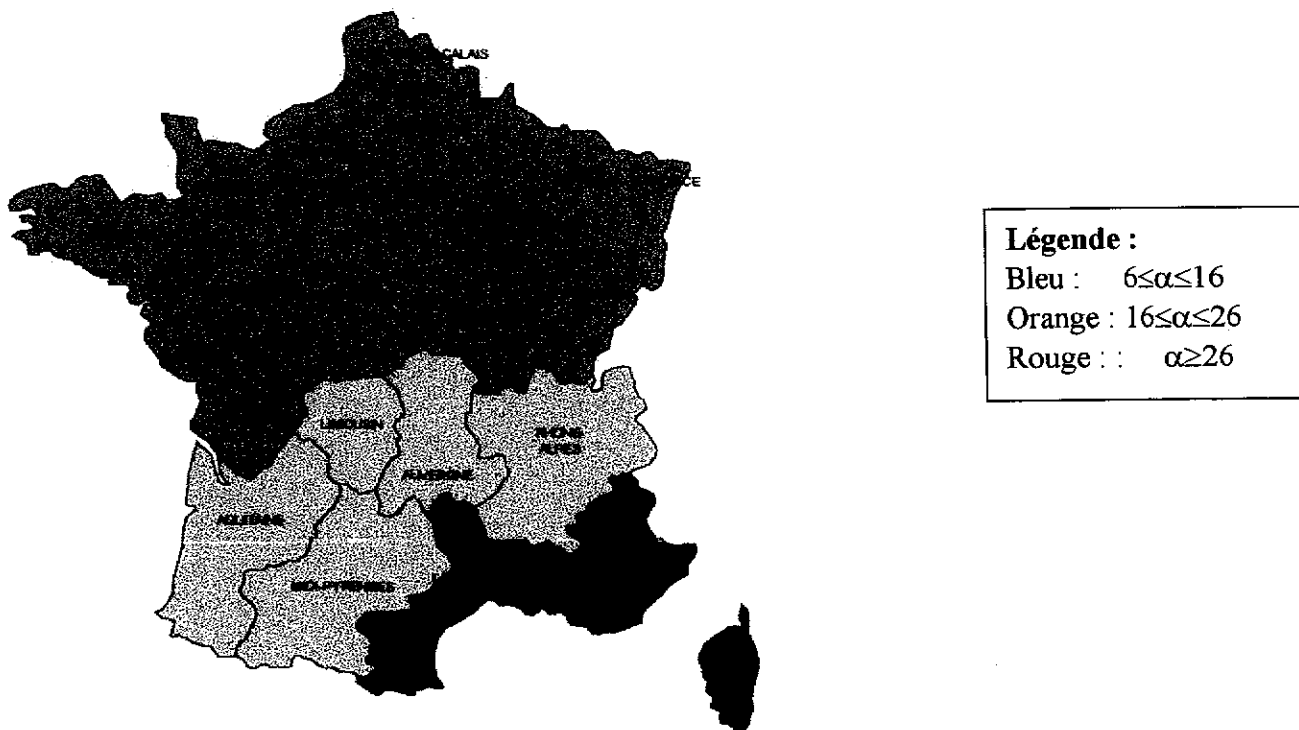


Figure 1 : Détermination des zones d'influence météorologique

La gêne ressentie sera plus forte dans la zone rouge, que dans la zone orange. C'est dans la zone bleu qu'elle est la plus faible.



II.2. Indicateur suisse

Un rapport suisse paru en juin 1996 [9], ainsi qu'un article [10] l'accompagnant, proposent un indicateur de coût efficacité.

Ce rapport apporte des considérations intéressantes sur une méthode d'évaluation possible du coût efficacité des protections phoniques.

Nous en présentons ci-dessous les principales réflexions.

a) But

Le but de ce rapport est de donner des éléments de planification concernant les travaux d'assainissement phonique sur le réseau des CFF (réseau ferroviaire). Cette politique d'assainissement est comparable à une politique de résorption des PNB.

b) Définition du coût efficacité

Soit l'indice CBI (Cost Benefit Index) :

$$\text{CBI} = \frac{\text{coût annuel des écrans acoustiques}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}} - (L_{\text{Aeq}})_{\text{final}} \right] \times \text{nb d'habitations (ou personnes) concernées}}$$

$\left[(L_{\text{Aeq}})_{\text{initial}} - (L_{\text{Aeq}})_{\text{final}} \right] \times \text{nb d'habitations (ou personnes) concernées}$ est l'indice d'efficacité.

Il s'agit d'une somme : $\sum P_i \times \text{gain}_i$.

Le coût annuel des écrans acoustiques suppose la prise en compte des coûts de maintenance des écrans construits sur le site considéré.

c) Considérations pratiques concernant la détermination de cet indicateur

- ↳ Le "coût annuel" se calcule en additionnant les coûts d'investissement (amortissement et intérêt) et les coûts d'entretien.
- ↳ Le niveau de bruit, ainsi que recensement des personnes touchées, se fait par étage (en comptant 3 personnes par unité d'habitat).
- ↳ Pour le nombre de personnes concernées, n'est pris en compte dans le calcul que les logements soumis à l'obligation d'assainir (pour la Suisse, cela concerne les logements dont la construction est antérieure à 1987).



- ↳ Pour les écoles, hôtels, bureaux, locaux commerciaux, une estimation du taux moyen d'occupation est effectuée.
- ↳ En ce qui concerne les zones d'assainissement non construites mais déjà viabilisées, le nombre d'habitants est calculé sur la base admise selon l'usage local pour des zones d'affectation similaire.
- ↳ La valeur d'exposition du bruit est déterminée par logiciel (SEMIBEL).
- ↳ Les réductions de bruit sont pondérées en fonction de l'intensité du bruit à l'émission. L'indice CBI sera ainsi d'autant plus faible que le gain est acquis pour un niveau initial élevé.

Les pondérations en fonction du bruit à l'émission sont les suivantes :

Classe de bruit	Pondération
Réduction du bruit ≥ 70 dB(A)	3
Réduction du bruit entre 65 et 70 dB(A)	2
Réduction du bruit entre 60 et 65 dB(A)	1
Réduction du bruit entre 55 et 60 dB(A)	0.5
Réduction du bruit ≤ 55 dB(A)	0.2

Ainsi, les gains en dB procurés pour un $L_{Aeq} \geq 70$ dB(A) seront pondérés par 3. Les gains en dB procurés pour un $L_{Aeq} \leq 55$ dB(A) seront pondérés par 0.2.

Ces pondérations permettent de prendre en considération le fait qu'il est préférable de traiter les situations difficilement supportables. Ils seront donc a priori traités en priorité.

Ainsi, dans cette définition du Coût Efficacité, les injustices concernant l'exposition au bruit sont prises en compte.

d) Définition d'un degré : hiérarchiser les situations à traiter

Il a été remarqué que $CBI \geq 80$ impliquait une situation non acceptable d'un point de vue investissement. Il doit en effet exister un rapport raisonnable entre utilité et coût des mesures mises en œuvre.

De cette constatation résulte la définition d'un degré : **$10 - CBI/80$**

⇒ Plus ce degré est élevé, plus on doit donner la préférence au site à protéger d'un point de vue acoustique.

e) Degré d'atteinte de l'objectif fixé

Parallèlement, le degré d'atteinte de l'objectif fixé est pris en compte.



Il se définit par :

$$\text{seuil atteint} = \frac{\text{nb de personnes au dessus du seuil sans mesures de protection}}{\text{nb de personnes au dessus du seuil avec mesures de protection}}$$

$$\text{degré normalisé} = 10 - 10 * \text{seuil atteint} = 10 (1 - \text{seuil atteint})$$

f) Autres considérations

Outre ces indicateurs, sont également prises en compte les notions :

* D'impact sur le site :

Il s'agit de l'intégration des dispositifs antibruit dans l'environnement, effet de séparation (site/paysage) etc.

(Pour cette notion d'impact, on tient compte de l'état avant travaux. Il peut être très sensible, sensible, peu sensible. Ainsi l'effet négatif de l'écran sera moins important quand l'état avant sa construction était déjà très sensible, il y a par contre valorisation des effets positifs)

* D'impact sur l'environnement (faunes, flore, etc.)

Ce rapport définit également un plafond d'investissement par commune (en francs suisse) tel que :

$$\text{plafond d'investissement par commune} = 2.5 \text{ MF suisse} + \text{quantité de bruit} \times 160 \text{ F suisse}$$
$$\text{Quantité de bruit} = (\text{exposition} \geq 65 \text{ dB(A)}) \times \text{pondération} \times \text{nombre d'habitants}$$

Classe de bruit	Pondération
≤ 65 dB(A)	0
65 – 70 dB(A)	2
≥ 70 dB(A)	3

Ainsi, on définit un investissement de base pour la mise en œuvre du chantier, etc. auquel est ajouté le prix consenti à payer par habitant et par dB gagné.

Dans un objectif de hiérarchisation de PNB à traiter, on décide que, si les coûts CBI sont supérieurs au plafond d'investissement fixé, la priorité entre différents travaux sera déterminée par :

- CBI (coefficient 2)
- respect de la valeur limite (coefficient 1)
- impact sur le site (coefficient 1)
- impact sur l'environnement (coefficient 1)



III. Synthèse des coûts par type de protection - facteurs de variation

III.1. Merlon

Lorsqu'il y a suffisamment de place au bord de la voie, la construction d'un merlon sera privilégiée par rapport à celle d'un écran. (Quand on a 150 m de recul par exemple).

Son coût est en effet moins élevé que celui d'un mur antibruit, son entretien est minimum et il reste indéfiniment.

Ramené au m², le coût d'un merlon peut ainsi être estimé à 150-250 F HT/m² en ne considérant aucun traitement paysager particulier. Ce coût dépend cependant d'un certain nombre de facteurs. Il peut varier de manière non négligeable. Ainsi, dans des conditions particulièrement favorables où le matériau est disponible gratuitement sur un chantier proche, le coût du merlon peut se résumer au coût du transport et mise en œuvre. (Les coûts sont généralement donnés au m³ : entre 25 F TTC/m³ et 40 F TTC/m³).

Les coûts proposés ci-dessus se rapportent à un merlon classique. Un merlon à talus raidi coûtera plus cher.

- Facteurs de variation

- ✓ Achat éventuel du terrain
- ✓ Possibilité d'obtenir le matériau à un prix plus ou moins intéressant (voire gratuitement)
- ✓ Distance à parcourir pour le transport du matériau
- ✓ Accessibilité du terrain
- ✓ Travaux préparatoires à réaliser
- ✓ Merlon à talus raidi
- ✓ Aménagement du merlon
- ✓ Engazonnement
 - engazonnement industriel. Lorsque le talus est non accessible mécaniquement, et non revêtu de terre végétale (à cause d'une forte pente), on procède à un envoi de graine à l'aide d'un hydrosemoir.
 - engazonnement traditionnel avec terre végétale
- ✓ Plantations

- Entretien

Le fauchage peut être estimé à 18 000 F annuel, le désherbage, le nettoyage, l'entretien des plantations à 25 000 F annuel.



On peut se dire que dans le cadre de construction de voies nouvelles, un merlon peut être réalisé à un prix intéressant étant donné la possibilité éventuelle de récupérer de la terre provenant des déblais-remblais, etc.

III.2. Ecran

Il semblait, à l'origine, intéressant d'essayer de détailler le coût des différents types d'écrans existants ainsi que d'identifier tous les facteurs pouvant les faire varier en les définissant en terme de surcoût.

Une double démarche a donc été employée :

- ✓ Evaluer le coût des ouvrages en s'adressant aux maîtres d'ouvrage respectifs
- ✓ Evaluer le coût des produits (écrans) en envoyant un questionnaire aux industriels. Celui-ci est joint en annexe.

La démarche auprès des constructeurs / poseur d'écrans s'est révélée infructueuse. Ils font en effet preuve d'une extrême réticence à fournir des prix, craignant une interprétation erronée. M. Ducongé, président de l'APREA (association Professionnelle des Réalisateurs d'Ecrans Acoustiques) a confirmé cette impression, précisant que « les industriels ne connaissent pas les prix effectifs de mise en œuvre et n'ont pas de tarif comme les constructeurs automobiles ou d'électroménagers. » Une seule réponse positive nous a été donnée. M. Catherine (Acoustec) s'est en effet proposé d'apporter sa contribution à une telle étude, tout en doutant cependant des résultats pouvant en ressortir. Un trop grand nombre de facteurs intervient : pieux, sur longrine, sans longrine, sur talus, posé sur GBA, constructeurs qui ne sont pas bétonniers, constructeurs qui ne fabriquent que quelques pièces à caractère acoustique mais à partir du coût desquelles il est très difficile d'attribuer un coût total de réalisation. Il faudrait encore prendre en compte les paramètres comme le volume de la commande la distance de transports ou, pour la pose, la circulation, l'accès au chantier...

Deux fourchettes de prix, n'incluant pas le coût des études (liées à l'intervention d'un juriste, études acoustiques, etc.) peuvent être proposées :

- de 1 500 à 2 500 F/m² HT pour un écran réalisé sans l'intervention d'un architecte (matériaux, structures, pose pour une taille classique - entre 2 et 4.5 m - sur terrain simple). Cela signifie que la construction de l'écran ne nécessite pas de fondations très profondes et qu'il n'y a pas de travaux préparatoires à considérer. Ce peut être le cas des voiries nouvelles pour lesquelles les éventuels travaux concernant les réseaux (canalisations, etc.) ont déjà été pris en charge lors de la construction de la voie.
- de 2 500 et 3 500 F sinon.



– Facteurs de variation

- ✓ La situation acoustique initiale et l'objectif à atteindre
Ce niveau est différent selon qu'il s'agit d'un rattrapage PNB ou d'une voirie nouvelle. Mais le seuil à atteindre est également plus exigeant pour les établissements de santé, de soins et d'action sociale.
- ✓ La nature des matériaux utilisés
- ✓ Les particularités du site :
 - le type de terrain
 - prix des travaux préparatoires
 - prix des fondations
 - écran sur talus, sur GBA, sur un mur préexistant
 - écrans construits sur des ouvrages d'art
Les matériaux doivent alors être particulièrement légers. Il faut également prévoir éventuellement de soutenir le pont.
- ✓ La hauteur de l'écran
- ✓ La taille du chantier
- ✓ Les structures utilisées
(Pour les pieux par exemple, il faut une machine à pieux et celle-ci a un coût. Ainsi plus l'écran est petit (longueur), plus ce coût sera important dans le coût ramené au m² d'écran)
- ✓ L'intégration dans le site (Un aménagement est souvent réalisé aux deux extrémités de l'écran) - efforts esthétiques
- ✓ La loi du marché

A partir des coûts de différentes opérations réalisées ces 5 dernières années référencés dans la Base de Donnée Ecrans du SETRA, CERTU, Réseau des LPC, un histogramme de coût comparant les réalisations rattrapage de PNB et voie nouvelle ou modification significative de voirie existante a pu être effectué. Il est présenté ci-dessous afin de montrer la variabilité du coût des écrans au m².

Cet histogramme est présenté à titre indicatif. Il serait intéressant d'avoir un échantillonnage plus important de réalisations afin d'augmenter la fiabilité de ces résultats (notamment en ce qui concerne les opérations de rattrapage de PNB).

Ces coûts sont tirés du détail estimatif du marché des différents écrans.

Ils n'incluent pas les frais des études préliminaires (Avant projet, projet soumis à l'enquête, sondage, etc.), les frais liés à l'éventuel intervention d'un juriste, le coût des études acoustiques ...



Coûts/m² de différents écrans acoustiques

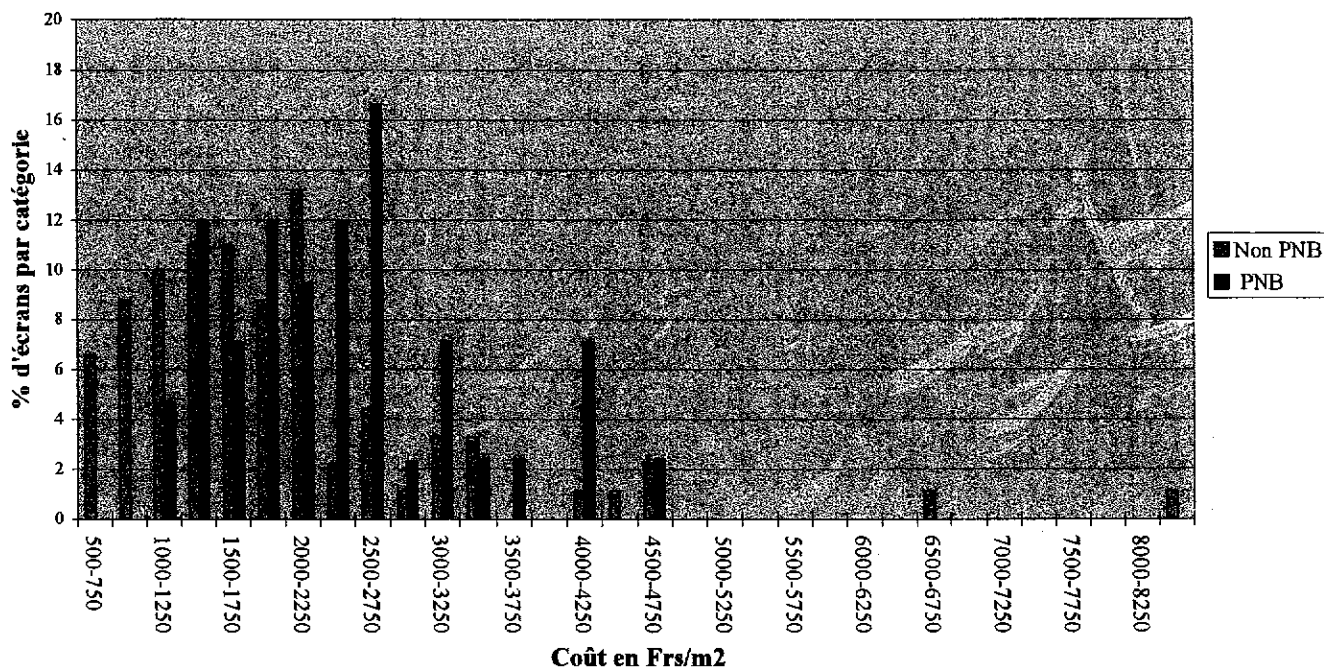


Figure 2 : Histogramme de coût/m² de différents écrans

Remarque : Les écrans coûtants entre 6 500 et 6 750 F/m² et entre 8 250 et 8500 F/ m² ont été réalisés sur des ouvrages d'art (ponts, etc.).

– Détail du coût indicatif des écrans antibruit

Inspiré d'un détail estimatif du coût des écrans proposé dans le rapport suisse dont nous avons précédemment parlé, un tableau est ici dressé. (Ce coût représente plutôt celui des murs antibruit réalisés lors d'un rattrapage PNB).

Le coût total proposé, incluant un coût associé aux incertitudes concernant le déroulement du projet, est un coût large.

Il tient compte de toutes les études ayant dû être effectuées ainsi que des frais liés à la conduite et au suivi des opérations, frais qui ne sont généralement pas pris en compte dans le détail estimatif du marché.



Type de frais <i>coûts d'investissement</i>	Coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles <ul style="list-style-type: none">– Installation et repli du chantier– Rémunération du PAQ– Protecteurs– Circulation ralentie, déviation	200
Travaux préparatoires : <ul style="list-style-type: none">– Démolitions– Adaptation du terrain/des ouvrages (terrassement, etc.)– Canalisations– Remise en état	200
Paroi antibruit : <ul style="list-style-type: none">– Fondations, excavations comprises– Piliers– Socle– Paroi– Portes, passages	2 000
Elaboration du projet et direction des travaux : <ul style="list-style-type: none">– Etudes, négociations en vue de la signature du contrat– Avant-projet, projet mis à l'enquête– Projet de construction, projet de réalisation, appel d'offres– Expertise– Frais de procédure– Etudes acoustiques– Conduite et suivi des opérations	800
Incertitudes dans le déroulement du projet	800
Total	4 000

Effort particulier :

Intégration dans l'environnement : <ul style="list-style-type: none">– Aménagement paysager– Espaces verts aux abords proches de l'écran	400
--	-----

Le coût des travaux d'entretien n'est toutefois pas compris. Il dépend du type de l'écran et d'un éventuel aménagement paysager réalisé.

On peut ainsi estimer que la construction d'un écran coûtera **entre 3 000 et 4 000 F/m²** (de l'étude préliminaire aux travaux de finition, excepté toutefois le coût des travaux d'entretien). Ce coût varie selon la complexité du site, le type d'écran choisit. La volonté de réaliser un aménagement paysager particulier est compté à part.

Une autre formulation peut être proposée :

Un écran acoustique coûte en moyenne **3 500 F HT/m²** des études préliminaires à la réception des travaux ($\pm 15\%$).



– Durée de vie

La durée de vie d'un écran n'est pas facile à déterminer étant donné le manque de recul dont on dispose.

Cependant, d'après des renseignements obtenus auprès de la DDE 69, on peut estimer celle d'un écran en béton à 20 - 25 ans sans aucun problème.

Un écran en bois a été rénové au bout de 18 ans dans la région lyonnaise. Il a été repeint et a retrouvé son étanchéité. Le coût de cette opération, pour 500 m² d'écran a été d'environ 40 000 F HT. La durée de vie de cet écran a ainsi été prolongée d'au moins 10 ans.

Un autre exemple peut être cité. Un écran dont les plaques risquaient de tomber a été rénové et réhaussé. Une couvertine de 2 m de large a été posée. Le tout permet un gain supplémentaire de 5 dB(A). L'opération pour un écran final de 6 m de haut sur 200 m a coûté environ 2 000 000 F.

– Cas particulier

Dans le Val de Marne, avant la construction d'un nouvel écran, des protections obsolètes ont été supprimées. Un budget de 10 millions de francs TTC a été attribué pour détruire 9 000 m² d'écran, procéder à l'évacuation et réaliser un terrassement de 23 000 m³.

III.3. Isolement de façade

Les ordres de grandeur des coûts d'isolement de façade sont les suivants :

- ✓ 30-35 kF/logement en province
- ✓ 45-50 kF/logement dans la région parisienne

Ils ont été obtenus en considérant sites mixtes (habitations particulières et collectifs) sans faire de dissociation entre les différents types de fenêtres, les différentes tailles de celle-ci, etc.

– Facteurs de variation

Le coût d'un isolement de façade dépend de nombreux facteurs. Les principaux sont :

- ✓ les valeurs d'isolement acoustique recherchées (DnAT) et donc les types de vitrage
- ✓ le type de fenêtre :
 - surface de la fenêtre
 - partie battant ou fixe (l'isolement d'une fenêtre possédant une partie battant, une partie fixe est moins cher que celui d'une fenêtre identique à deux parties battant)



- volets roulants
- qualité et type de la fermeture...

- ✓ le nombre de fenêtres à traiter (bât collectif ou particuliers)
- ✓ la concurrence (le prix de la pose, suivant le menuisier, suivant les saisons, s'il y a beaucoup de demande ou non, peut varier.)
- ✓ la nature de la ventilation existante (aspect sécurité/ confort thermique d'été)
- ✓ la situation géographique et l'orientation de l'immeuble ou du pavillon à traiter (en zone sud, orientation est et surtout sud et ouest des façade, nécessité de prévoir des protections solaire dont le surcoût n'est pas négligeable)

On observe ainsi une grande dispersion sur les coûts d'insonorisation par logement qui peuvent aller de 10 000 F HT/logement à 45 000 F HT/logement avec des opérations particulières comme à Bar le Duc pouvant atteindre 80 000 F HT/logement (isolation d'une porte-fenêtre, de 6 fenêtres, changement de la porte d'entrée et ventilation dans les locaux).

Le coût d'une étude et du suivi des travaux est de 5 kF/logement.

III.4. Couverture

Les coûts proposés pour les couvertures sont :

- * pour une semi-couverture 140 KF/m
- * pour une couverture légère 230 KF/m

Il doit être remarqué que la décision de réaliser une couverture lourde ne sera pas prise uniquement pour des raisons acoustiques. Des considérations comme la possibilité de créer un lien entre deux quartiers coupés par une voie à forte circulation en aménageant des espaces piétonniers sur cette couverture lourde par exemple est non négligeable.

Ainsi, si l'on ne souhaite tenir compte que du coût imputable aux problèmes acoustiques, le coût que l'on peut retenir est celui d'une couverture légère.

III.5. Revêtement

Bien que la pose d'un revêtement silencieux ne puisse être tout à fait considéré comme un moyen à part entière de lutter contre le bruit, quelques coûts et les limites des conclusions que l'on peut en tirer peuvent tout de même être proposés ici.



Une approche technico-économique concernant les enrobés drainants a été réalisée par le CETE de l'Est.

Des éléments de coût de construction de chaussée, de coût d'entretien sur 25 ans, ainsi que de coût d'assainissement pour une route théorique en région lyonnaise ont ainsi été calculés.

L'hypothèse prise est celle des T2/PF2 des structures de Toussieu. Ce sont des hypothèses qui concernent respectivement la portance de la plate forme et la moyenne journalière annuelle de poids lourds sur la voie à construire.

Classes	PF1		PF2		PF3		PF4	
Limites (MPa)	20	50	120	200				

Classes	T5	T4	T3	T2	T1	T0	TS	TEX
Centres (MJA)			85	200	500	1200	3000	
Limites (MJA)	0	25	50	150	300	750	2000	5000

Les résultats obtenus ont été publiés dans la Revue Générale des Routes et Aéroports de septembre 1990 [17].

Les valeurs proposées sont les suivantes :

Au mètre linéaire en F HT	Chaussée en béton classique	Chaussée en béton poreux	Chaussée en béton poreux revêtu d'un ED 4 cm
Investissement	2 000	1950	1700
Entretien	120	365	365
Assainissement	1100	1040	1040
Total	3220	3355	3165

Au mètre linéaire en F HT	Chaussée noire classique	Chaussée poreuse 52 cm	Chaussée noire revêtu d'un ED 4 cm
Investissement	1800	3500	2000
Entretien	220	350	350
Assainissement	1100	1040	1100
Total	3120	4890	3450

Remarque : Seul les ordres de grandeur doivent être retenus et l'on ne peut comparer chaussées noires et chaussées en béton.



A partir de ces valeurs il semble que l'on puisse estimer qu'en première approche, les structures en béton de ciment, poreuses ou non, sont de prix équivalents.

L'article précise que si les structures noires poreuses semblent 50 % plus chères que les mêmes structures classiques, l'hypothèse qui a été choisie entre en jeu. Les structures de Toussieu ont en effet été surdimensionnées pour un trafic T2. L'écart serait moins important pour les structures T1 ou T0.

Une des conclusions de l'article est que les écarts de coût maximaux sont de l'ordre de 1500 F HT au mètre linéaire.

Le problème reste ici de savoir ce qui est compris dans ces coûts d'investissement. Ces chiffres ont été donnés à partir de scénarios dépendant de la technique utilisée pour la construction de la route. Au terme de sa durée de vie, un enrobé drainant ne peut être changé aussi facilement qu'un revêtement classique. Pour ce dernier en effet il suffit de refaire la couche supérieure que l'on rajoute sur l'ancien revêtement. Dans le cas des enrobés drainants en revanche, la couche supérieure doit préalablement être retirée avant de reposer une nouvelle couche. L'ensemble de ces considérations a-t-il été pris en compte ?

L'article ajoute qu'un écran de 4 m de hauteur coûtant environ 1 500 F/m² soit 6 000 F le mètre linéaire par côté ou 12 000 F de part et d'autre, sous réserve de vérifier l'efficacité acoustique, il semble possible d'affirmer qu'une chaussée poreuse épaisse est beaucoup plus économique qu'un mur absorbant.

Des réserves peuvent toutefois être émises concernant cette conclusion.

Tout d'abord, cette affirmation concernant le caractère économique d'une solution privilégiant un revêtement silencieux se base sur l'hypothèse que ce revêtement doit, de toute manière, être posé (ou changé). Si cela est valable pour les constructions de voiries nouvelles ou la plupart des modifications significatives de voiries existantes, cela ne concerne nullement le cas des rattrapages des PNB. De plus, encore une fois, dans le choix d'un type de revêtement, d'autres considérations majeures entreront en lignes de compte.

Mais surtout comme nous l'avons déjà précisé les gains des revêtements silencieux, qui restent assez modestes, de l'ordre de 3-4 dB(A) voire 5 dB(A) d'après les quelques études réalisées sur des niveaux sonores en façade des habitations, et ceux des écrans ne sont pas comparables. Et il faut encore ajouter la question de la pérennité acoustique non prouvée.



IV. Présentation de différents sites

Introduction

Différentes opérations de protection acoustique sont présentées dans ce chapitre. Elles concernent des réalisations d'écrans, des opérations d'isollements de façade ou des réalisations de semi-couvertures ou couvertures totales.

Pour chacune d'entre elles, le (ou les) coûts efficacité ont été calculés.

Les données utilisées pour réaliser cette présentation proviennent, soit des études acoustiques effectuées pour chaque opération et fournies par la DDE, soit des valeurs directement tirées d'un questionnaire préalablement envoyé.

Pour tous ces exemples, hormis celui concernant le projet d'élargissement de la Francilienne, le coût efficacité a été calculé en fonction du nombre de logements protégés (non du nombre de personnes).

Les opérations concernant les couvertures sont, à l'heure actuelle, à l'état de projet. Les données utilisées proviennent donc de l'Avant Projet Sommaire.

On peut citer ici quelques études ayant également abordé le coût et donné (hormis la première) l'efficacité de différentes opérations de protection acoustique :

- ✓ Deux cahiers du CSTB, l'un intitulé l'Acoustique des routes de Pierre Nadeau et Michelle Coutaz [11], l'autre Bilan technico-économique d'opérations d'insonorisation d'immeubles existants de Paul de Tricaud [12]
- ✓ Deux bilans socio-économiques et environnementaux réalisés par le CETE de Lyon
 - un bilan réalisé en juin 1995 [13]. (Il a été le premier bilan environnemental réalisé en France depuis la circulaire du 15 décembre 1992 dans laquelle le ministère de l'environnement instaurait le bilan environnemental au même titre que l'article 14 de la LOTI instituait le bilan économique et social. Un chapitre est consacré au problème du bruit)
 - un bilan réalisé en juillet 1996 [14] réalisés par le CETE de Lyon.



IV.1. Contexte réglementaire

Deux situations sont à distinguer :

- Celles se rapportant aux voiries nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes
- Celles se rapportant au rattrapage des points noirs bruits

1. Voies nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes

Les textes réglementaires qui s'appliquent sont :

- La loi bruit : loi n°92-1444 du 31 décembre 1992
- Les décrets n°95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le code de l'urbanisme et le code de la construction et de l'habitation et n°95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres.
- L'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières

(cf. Annexes)

En cas de construction d'une route nouvelle ou d'une modification significative d'une voirie existante, sa contribution sonore ne doit pas dépasser, pour la période diurne (6h-22h) comme nocturne(22h-6h) des seuils déterminés. Ces niveaux sont :

Nature des locaux	L _{Aeq} (6h-22h)	L _{Aeq} (22h-6h)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale :		
– Salles de soins et salles réservées au séjour des malades	57 dB(A)	55 dB(A)
– Autres locaux	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zones d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	



Un résumé des textes réglementaires relatifs à la limitation du bruit des infrastructures routières et leurs applications technique, proposé par M. Besnard du SETRA est en Annexe.

2. Rattrapages PNB

Aucun texte réglementaire n'oblige à traiter les PNB.

Seul l'article 15 de la loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 propose l'établissement d'un rapport comportant l'évaluation des travaux nécessaires à leur résorption.

M. Bernard Serrou a ainsi remis un rapport recensant, en avril 1995, 180 000 logements à traiter en priorité [15].

M. Claude Lamure a repris le dossier et remis, en décembre 1998, une analyse de la situation actuelle concernant ce problème [16]. Il propose une estimation des coûts des opérations de rattrapages ainsi que des clés de financement. Le rattrapage de 3 000 Points Noirs nécessiterait un investissement de 15 Milliards de francs.

Lorsque l'on décide d'effectuer une opération de rattrapage de PNB, l'objectif fixé est de 65 dB(A) pour le L_{Aeq} (6h-22h).



IV.2. Sites avec Ecran

IV.2.1 A 10 l'Aquitaine

On se propose ici d'étudier cinq écrans réalisés sur l'A 10 Aquitaine par la société d'Autoroute Cofiroute.

Ces différentes opérations ont été classées par ordre croissant de l'année de réalisation.

IV.2.1.1 Ecran de Chasseneuil

a) Situation

L'écran de Chasseneuil du Poitou, dans la Vienne, a été construit en 1995 aux abords de l'A 10 (2x2 voies).

Il s'agit d'un écran en béton bois avec une partie en plexiglas. Il est réfléchissant côté route et absorbant côté riverain puisqu'une voie communale longe l'Autoroute et s'intercale entre celle-ci et les habitations des "ouvertures" en plexiglas.

Cet écran de 3 m de hauteur en moyenne s'étend sur 87 m, ce qui correspond à une surface de 261 m². Il a été construit dans une politique de rattrapage de PNB.

b) Coût des travaux

Les coûts de l'opération sont présentés après. Ils ont été obtenus à partir du détail du marché.

Ces coûts sont donnés en F/m² afin d'en étudier la disparité à travers l'ensemble des exemples proposés.



Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	Coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation - Contrôles – Installation et repli du chantier – Etude d'exécution – Dépose et repose de glissière métallique	260
Travaux préparatoires et fondations : – Adaptation du terrain / des ouvrages – Fondations	840
Ecran antibruit – Structures, paroi, pose	1 165
Finition – Remise en état après travaux	20
Total	2 285

Le coût de l'opération est 596 575.00 F HT soit, en comptant la TVA à 20.6% 719 469.45 F TTC. Il faut ajouter les frais suivant :

- Maître d'œuvre (Cofiroute) 25 000 F TTC
- Architecte 20 000 F TTC
- Etudes acoustiques 25 000 F TTC
- Réception de l'écran 15 000 F TTC

Finalement, le coût total est d'environ 804 500 F TTC..

c) Coût Efficacité

L'écran ainsi construit protège des logements individuels. Environ 15 logements ont ainsi vu leur situation acoustique s'améliorer.

Les niveaux sonores prévus sont de 72 dB(A) en moyenne sans l'écran et de 62 dB(A) avec (selon l'étude acoustique réalisée).

Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération donne donc :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_i - (L_{\text{Aeq}})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{804500}{10 \times 15}$$

Soit Coût Efficacité = 5 400 F/(dB×logement) TTC



IV.2.1.2 Ecran de Biard

a) Situation

L'écran de Biard dans la Vienne a été construit en 1995 aux bords de l'A10 (2x2 voies).

Il s'agit d'un écran réfléchissant en bois sur une glissière en béton.

De 2 m de hauteur en moyenne, il s'étend sur 210 m. Cela correspond à une surface de 420 m². Il a été construit dans une politique de rattrapage de PNB.

b) Coût des travaux

Les coûts de l'opération sont présentés ci-dessous. Ils ont été obtenus à partir du détail du marché :

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	Coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles – Installation et repli du chantier – Dépose de glissière métallique	170
Travaux préparatoires et fondations : – Assise SOMPHONE	710
Ecran antibruit – Structures – Paroi – Pose	515
Finition : – Remise en état après travaux – Raccordement GS/GBA	110
Total	1 505

Le coût de l'opération est 632 688 F HT soit avec la TVA à 20.6% un coût de 763 021.72 F TTC auquel il faut ajouter :

– Maître d'œuvre (Cofiroute)	25 000 F TTC
– Architecte	20 000 F TTC
– Etudes acoustiques	25 000 F TTC
– Réception de l'écran	15 000 F TTC

D'où un coût total d'environ 848 000 F TTC.



c) Coût Efficacité

L'écran protège environ 10 logements individuels.

Les niveaux sonores estimés à l'horizon de l'an 2010 sont de 68 dB(A) sans écran et de 62 dB(A) avec (selon l'étude acoustique).

Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération donne :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_i - (L_{\text{Aeq}})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{848000}{6 \times 10}$$

Soit Coût Efficacité = 14 100 F/(dB×logement) TTC

IV.2.1.3 Ecran et merlon de Beaumont

a) Situation

Des écrans et un merlon ont été construits à Beaumont dans la Vienne en 1996.

Il s'agit d'écrans en bois aux bords d'une 2×2 voies. Ces écrans réfléchissants ont une hauteur moyenne de 3.5 m et s'étendent sur 195 m. Cela correspond à une surface de 682 m².

Le merlon a une hauteur moyenne de 2.8 m sur 70 m.

L'ensemble a été construit dans une politique de rattrapage de PNB.

b) Coûts des travaux

Les coûts de l'opération sont présentés après. Ils ont été obtenus à partir du détail du marché.

Ramener ces coûts au m² n'a pas de signification ici car, pour un certain nombre d'entre eux (mise en chantier, etc.), la part écran et merlon ne peut pas être clairement distinguée.



Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	Coût <i>(en FHT)</i>
Installation – Contrôles – Installation et repli du chantier – Etudes d'exécution – Dépose de glissière	149 000.00
Travaux préparatoires et fondations : – Assainissement (tête aqueduc, canalisation descente d'eau)	43 000.00
Ecran antibruit – Fondations – Structures – Paroi – Pose	1 348 330.00 dont 583 050.00 fondations
Merlon – Décapage terre végétale – Reprise de déblai, transport et mise en œuvre du talus – Reprise sur stock de terre végétale et régalinge – Fourniture et mise n œuvre de terre végétale – Engazonnement	68 820.00
Plantations	11 200.00
Finition : – Remise en état après travaux	8 000.00
Total	1 585 350.00

A titre indicatif, le coût du merlon ramené au m² est de 350 F HT/m². Ce coût n'inclue pas la mise en chantier ni toutes les études nécessaires.

Il faut de plus y ajouter environ 60 F HT/m² lorsque l'on prend en compte la plantation d'arbustes.

Le coût de l'opération est avec la TVA à 20.6%, 1 911 932 F TTC auquel il faut ajouter les coûts suivant:

– Maître d'œuvre (Cofiroute)	25 000 F TTC
– Architecte	20 000 F TTC
– Etudes acoustiques	25 000 F TTC
– Réception de l'écran	15 000 F TTC

Soit un coût total de l'opération de 1 986 900 F TTC.

c) Coût Efficacité

L'écran et le merlon protègent des logements individuels. 7 à 8 logements ont ainsi vu leur situation acoustique s'améliorer.

Les niveaux sonores estimés sont de 71 dB(A) sans l'écran et de 63 dB(A) avec (selon l'étude acoustique).



Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération donne :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_i - (L_{\text{Aeq}})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{1986900}{8 \times 8}$$

Soit Coût Efficacité = 31 000 F/(dB×logement) TTC

IV.2.1.4 Ecran de Saint-Avertin

a) Situation

L'écran de Saint-Avertin en Indre et Loire a été construit en 1998. L'A 10 est une 2×3 voies à son niveau.

C'est un écran absorbant en bois sur une glissière en béton. D'une hauteur comprise entre 2.1 m et 3 m il s'étend sur 275 m. Il a une surface de 700 m². Il a été construit dans une politique de rattrapage de PNB.

b) Coût des travaux

Les coûts de l'opération sont présentés ci-dessous. Ils ont été obtenus à partir du détail du marché :

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	Coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles	
– Installation et repli du chantier	
– Etudes d'exécution	
– Plan de recollement	190
Fondations	825
Ecran antibruit	
– Structures	
– Paroi	
– Pose	1810
Finition :	
– Remise en état après travaux	
– Raccordement GS/GBA	15
Total	2 840

Le coût de l'opération est 1 988 601 F HT soit 2 398 523.83 F TTC avec la TVA à 20.6%.



Il faut encore ajouter les frais suivant :

– Maître d'œuvre (Cofiroute)	25 000 F TTC
– Architecte	20 000 F TTC
– Etudes acoustiques	25 000 F TTC
– Réception de l'écran	15 000 F TTC

Le coût total est de 2 483 500 F TTC.

e) Coût Efficacité

L'écran protège environ 40 logements (20 logements individuels et 20 logements collectifs).

Les niveaux sonores estimés sont de 69 dB(A) sans l'écran et de 61 dB(A) avec (selon l'étude acoustique).

Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération donne :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_i - (L_{\text{Aeq}})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{2483500}{8 \times 40}$$

Soit Coût Efficacité = 7 750 F/(dB×logement) HT

IV.2.2 Ecran de Custines

a) Situation

L'écran de Custines en Meurthe et Moselle a été construit rue de Nancy en 1997. Il a été construit dans une politique de rattrapage de PNB. Il se situe aux abords de l'A 31 (2×2 voies).

Cet écran transparent, de 3 m de haut s'étend sur 370 m. Cela correspond à une surface de 1110 m².

Des écrans doubles face en béton bois avaient précédemment été construit en 1993/1994 rue de Lattre. L'ensemble est formé de quatre murs de dimension suivant :

- 1 mur de 120 m de long par 2.5 m de haut
 - 1 mur de 90 m de long par 2 m de haut
 - 1 mur de 150 m de long par 2.5 m de haut
 - 1 mur de 45 m de long par 3 m de haut.
- La surface totale s'élève donc à 990 m².



On peut noter ici la mise en place de financements pour ce projet sous la pression des populations (par le biais des élus). Cette population s'était regroupée pour former une association.

La pression des riverains est un facteur qui, en Meurthe et Moselle, est décisif. L'écran de Custines, protégeant un quartier pavillonnaire, en est une illustration. Il existe dans le département des endroits où les niveaux sonores étaient - et sont donc toujours - plus importants que les niveaux qu'il y avait à Custines. Cependant, la population de ces lieux là ne se mobilise pas.

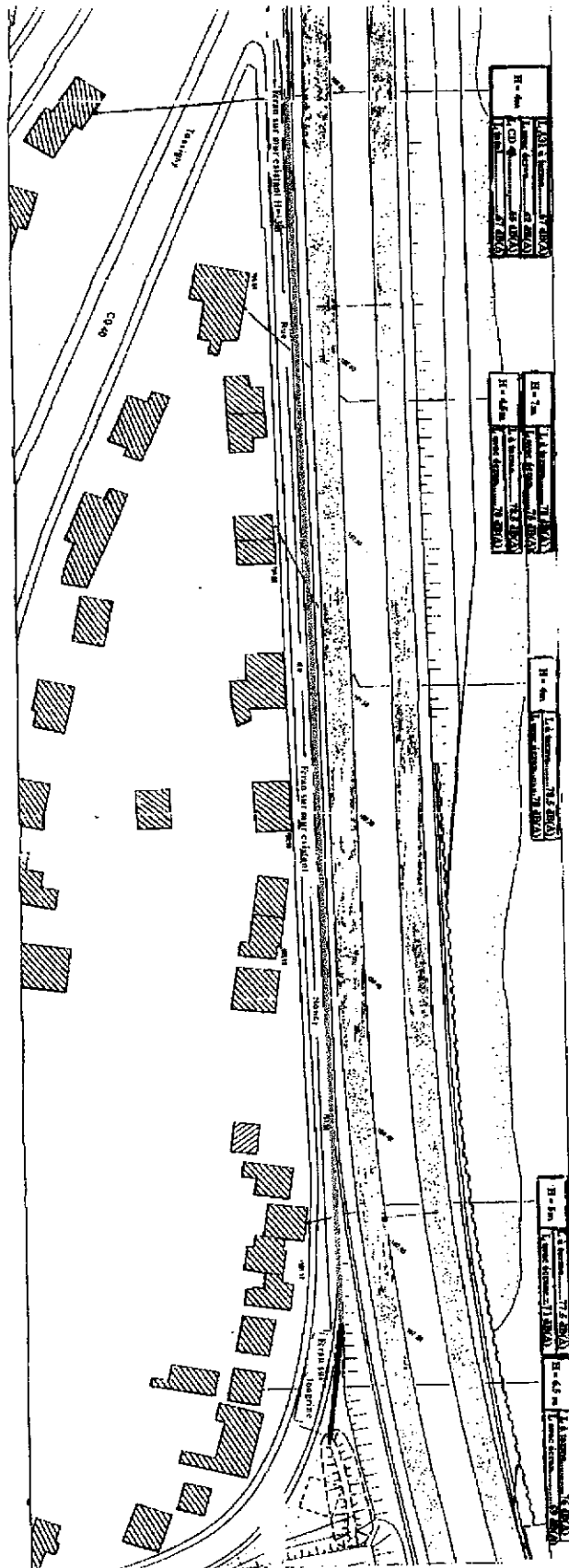


Figure 3 : Modélisation du plan de l'écran de Custrines



b) Coût des travaux de l'écran

Les coûts de l'opération sont présentés ci-dessous. Ils ont été obtenus à partir du détail du marché. :

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles – installation et repli du chantier – rémunération du PAQ – dossier de recollement – protecteur	180
Elaboration du projet et direction des travaux – Etudes d'exécution – Coordination sécurité / contrôle des travaux	110
Travaux préparatoires : – Indemnisation de nuit – auscultation mur existant – traitements des joints mur existant – fouilles décapage terre végétale – etc.	540
Ecran antibruit : – Fondations – Structure – Paroi – Pose	2 230
Finition : – Remise en état du trottoir – Raccord chaussée – Reprofilage du merlon existant – Engazonnement	160
Total	3 220 (sans frais architecte, études acoustiques, etc.)

Le coût de la réalisation de l'écran est 3 571 835 F HT soit 4 307 600 F TTC.

c) Coût Efficacité de l'écran

L'écran ainsi construit protège des logements individuels.

A partir du plan fourni dans l'étude acoustique, on peut évaluer le nombre d'habitations bénéficiant de la protection ainsi que le gain qui peut lui être associé.

On estime qu'environ 25 logements, rue de Nancy ont vu leur situation acoustique s'améliorer. (Cette valeur est obtenue en ne prenant en considération que les habitations directement protégées, c'est à dire aux abords proches de la voie).



Les niveaux sonores prévus à terme varient de 70 dB(A) à 78 dB(A) environ sans l'écran. Ces niveaux sont ramenés - toujours selon l'étude - à 62 dB(A) à 70 dB(A) avec l'écran (75 dB(A) pour une mesure à 7 m du sol).

On peut estimer le gain moyen de l'écran à 6-7 dB(A).

Les habitations plus éloignées de l'écran ne sont pas prises en compte mais, étant donné l'approximation que l'on fait sur le gain, cette considération n'est pas forcément judicieuse. En effet, à partir des données disponibles, évaluer l'impact exact de l'écran se révèle difficile.

Les valeurs utilisées pour cette évaluation sont celle de l'étude acoustique réalisée avant la construction du mu. Or, une autre étude plus récente remet en cause les valeurs initialement prévues. Les mesures effectuées en Automne 1998 donnent en effet des valeurs de L_{Aeq} comprises entre 66 et 76 dB(A) (et non 62 – 70 dB(A)). Il n'est pas facile de déterminer le ou les paramètres ayant entraînés cette erreur d'estimation. Une mauvaise estimation du trafic de la route, du % des poids lourds, etc. peut cependant être l'un d'eux.

En y mettant quelques réserves, on considère toutefois que l'efficacité de l'écran d'environ 6 dB(A) n'est pas remise en cause.

Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération donne alors :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{Aeq})_i - (L_{Aeq})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{4307600}{6.5 \times 25}$$

Soit Coût Efficacité = 26 500 F/(dB×logement) HT

d) Evaluation de l'incertitude

Cette incertitude repose sur le nombre de logement × le niveau sonore moyen gagné. On peut l'estimer à ± 50.

e) Protection complémentaire : isolement de façade

Etant donné le niveau sonore important subi par les habitants de la rue de Nancy - niveau confirmé par l'étude réalisée en 1998 - un isolement de façade a été préconisé pour un certain nombre de logements.



f) Coût des travaux d'isolement de façade

Logements	Nombre de logements de ce type	DnAT	Coût HT/logement
Individuel 1	1	33 dB(A)	27 500 F
Individuel 2	1	33 dB(A)	29 150 F
Individuel 3	1	33 dB(A)	24 450 F
Individuel 4	1	33 dB(A)	14 250 F
Individuel 5	1	30 dB(A)	26 650 F
Individuel 6	1	30 dB(A)	26 250 F
Individuel 7	1	32 dB(A)	32 400 F
Individuel 8	1	34 dB(A)	37 200 F
Individuel 9	1	33 dB(A)	32 100 F
Individuel 10	1	30 dB(A)	11 800 F
Individuel 11	1	30 dB(A)	19 050 F
Individuel 12	1	30 dB(A)	28 300 F
Individuel 13	1	31 dB(A)	24 600 F
Individuel 14	1	30 dB(A)	1 500 F

Le coût total de cette opération est 335 200 F HT soit 404 250 F TTC.

g) Coût Efficacité des protections de façades

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\sum_{\text{logement}} [\text{Niveau de protection envisagé} - 25]}$$

$$= \frac{404250}{5 \times 8 + 6 \times 5 + 9 + 7 + 6} = \frac{404250}{89}$$

Soit Coût Efficacité = 4 542 F/(dB×logement) HT

h) Coût Efficacité total (écran + isolement de façade)

Ce coût est à rajouter au coût de l'écran précédemment construit.

On obtient au total : Coût efficacité = $\frac{26\,500 \times 25 + 4\,542 \times 14}{25}$

Coût Efficacité = 29 000 F/(dB×logement) HT environ pour ce site



IV.2.3 Bel Air

a) Situation

L'écran de Bel Air Villeurbanne a été réalisé en 1994. Il est situé le long de la RN 383 (2x3 voies). Il a été construit dans une politique de rattrapage de PNB.

Il mesure environ 5 m de haut sur 100 m de longueur. La surface totale est de 563 m². C'est un écran en Béton Bois.

b) Coût des travaux

Les différents coûts présentés ci-dessus ont été tirés du détail du marché.

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles – Installation et repli du chantier – Etudes d'exécution – Rémunération du PAQ – Protecteurs	210
Travaux préparatoires : – Adaptation du terrain / des ouvrages : Démolition Terrassement, etc.	110
Ecran antibruit : – Fondations – Structures – Paroi – Pose	1 810
Total	2 130

Le coût de l'opération est 1 199 964.50 HT soit avec la TVA à 18.6%
1 423 157.89 F TTC. Il faut encore ajouter :

- Architecte 130 000 F TTC
- Etudes acoustiques 40 000 F TTC
- Réception de l'écran 18 000 F TTC

Finalement, le coût total est d'environ 1 611 200.00 F HT (soit 2 465 F HT /m²).



c) Coût Efficacité

Selon les renseignements recueillis auprès de la DDE du Rhône, 40 logements ont bénéficié directement de la présence de cet écran. Cela correspond environ à 200 personnes. Des jardins ouvriers ont également vu leur niveau sonore diminuer grâce à cette protection.

Les niveaux sonores qui variaient de 69 au rez-de-chaussée à 72 dB(A) au 4ème étage avant les travaux, varient de 61 dB(A) à 69 dB(A) après.

L'écran est le dernier élément d'un ensemble de protections préalablement mises en place. Des isolements de façade ainsi qu'un merlon avaient précédemment été réalisés.

Associer un gain à un nombre d'habitations en bénéficiant ne peut résulter que d'une estimation. On se base ainsi sur le fait que les rez-de-chaussée ne sont en général pas habités et que le gain de l'écran diminue de 1 à 2 dB(A) en moyenne lorsque l'on augmente d'un étage.

Il est ressort que :

- 13 personnes bénéficient d'un gain de 7 dB(A)
- 13 personnes d'un gain de 5dB(A)
- 13 d'un gain de 3 dB(A).

On obtient ainsi $\Sigma P_i \times \text{gain}_i = 195 \text{ dB/logement}$

Il peut être noté que si l'on estime que les 40 personnes bénéficient d'un gain moyen de 5 dB(A) on a :

$$\left[(L_{Aeq})_{initial} - (L_{Aeq})_{final} \right] \times \text{nombre de logements concernés} = 200 \text{ dB/logement}$$

Le Coût Efficacité de l'écran est :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\Sigma P_i \times \text{gain}_i} = \frac{1611200}{195}$$

Soit Coût Efficacité = 8 300 F/(dB×logement protégé) HT

(En prenant $\Delta E = 200$, Coût Efficacité = 8 000 F/(dB×logements protégé)) HT

Le gain dont bénéficient les jardins ouvriers n'est pas compté.



IV.2.4 Les Essarts

a) Situation

L'écran des Essarts, réalisé en 1995, est situé le long du boulevard périphérique. La RN 383, constituée de 2x4 voies, est la source sonore prédominante sur ce site.

Cet écran, construit dans une politique de rattrapage de PNB, vient rehausser un merlon existant.

Les données concernant le trafic ont été recueillies dans l'étude acoustique effectuée par L'EEG (Europe Etudes Gecti).

Le cumul des différents tronçons de la RN 383 donne, pour un trafic moyen 1993, 8826 VL + 502 PL soit un total de 9328 véh./h.

Pour un trafic à saturation, on obtient 9540 VL + 1060 PL soit 10600 véh./h.

Cet écart de trafic entraîne un accroissement du niveau sonore de + 0.6 dB(A), ce qui ne représente pas une différence significative.

b) Coût des travaux

Les différents coûts présentés ci-dessus ont été tirés du détail du marché.

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	Coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation - Contrôles - Installation et repli du chantier - Etudes d'exécution - Rémunération du PAQ - Protecteurs	150
Travaux préparatoires : - Adaptation du terrain / des ouvrages : Démolition Terrassement	240
Paroi antibruit : - Fondations - Piliers - Paroi - Pose	1 650
Total	2 040



Le coût de l'opération est 1 550 160 HT soit, avec la TVA à 18.6%
1 838 489.76 F TTC auquel il faut ajouter les frais suivant :

- Architecte	130 000 F TTC
- Juriste	53 000 F TTC
- Contrôle des plans d'exécution	50 000 F TTC
- Sondage	57 000 F TTC
- Etudes acoustiques	55 000 F TTC
- Réception de l'écran	18 000 F TTC

Finalement, le coût total est, en comptant l'intervention de l'architecte, les sondages, les contrôles des plans d'exécution, les études acoustiques et la réception de l'écran, est de 2 201 500 F TTC.

c) Coût Efficacité

Selon les renseignements recueillis auprès de la DDE du Rhône, 40 logements ont bénéficié directement de la présence de cet écran acoustique.

Les niveaux sonores variaient de 66 à 73 dB(A) avant les travaux. Ils varient de 62 dB(A) à 70 dB(A) après.

Ces gains sont faibles car l'écran vient rehausser un merlon déjà existant de 2m de hauteur.

Le mur protège également des jardins d'enfants et apporte un gain de 4 dB(A) dans ces espaces.

De plus, on peut estimer que 60 autres logements profitent également quelque peu de la présence de l'écran.

Le calcul du Coût Efficacité ne peut être qu'estimé.

A défaut d'avoir des renseignements très précis - et donc des mesures avant après en façade de chaque habitation - on pose que :

- 20 personnes bénéficient d'un gain de 4 dB(A)
- 20 personnes d'un gain de 3dB(A)
- 20 d'un gain de 2 dB(A) et 40 de 1 dB(A).

On obtient ainsi $\sum P_i \times \text{gain}_i = 220$

Le Coût Efficacité de l'écran est :

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\sum P_i \times \text{gain}_i} = \frac{2201500}{220}$$

Soit Coût Efficacité = environ 10 000 F/(dB×logement protégé) HT



IV.2.5 Bron Parilly Nord

a) Introduction

Le cas de l'écran de Bron Parilly Nord, proposé ci-dessous, est un peu particulier. Il a en effet été construit dans le cadre d'un contrat de ville visant à protéger les espaces verts. Un isolement de façade avait préalablement été réalisé pour protéger les immeubles exposés au bruit.

L'écran est actuellement encore en cours de construction.

Bron Parilly a été un site expérimental pour la prise en compte des problèmes acoustiques.

En 1996, l'écran de Bron Parilly Nord a été proposé afin d'améliorer la vie dans les quartiers. Les habitants qui ne pouvaient pas ouvrir leurs fenêtres pourront désormais sortir et se retrouver dans les espaces verts aux pieds de leurs appartements au calme.

Ainsi, bien que la construction de ces écrans ait eu des répercussions sur le niveau sonore en façade des trois premiers étages de l'immeuble, ce n'est pas cette considération qui a motivé le démarrage des travaux mais bien les considérations d'ordre social exposées plus haut.

Cette opération illustre l'influence des pressions politiques. Ces écrans ont en effet vu le jour suite à une forte demande des élus locaux. M. Queyranne, alors maire de Bron et vice-président la COURLY (communauté urbaine de Lyon) tenait à s'occuper du problème de bruit dans ces quartiers particulièrement affectés.

La ville de Lyon a obtenu des crédits en acceptant de faire un effort et de prendre en charge 30% du coût des travaux. C'est ce qui se passe dans un grand nombre de situations.

b) Situation

Le site de Bron Parilly Nord se trouve exactement à l'opposé du site des "Essarts" présenté précédemment. Il est précisément situé le long du boulevard périphérique (RN 383) entre, au Nord, l'ouvrage de franchissement de la RD 506 et, au Sud, l'échangeur avec l'A 43.

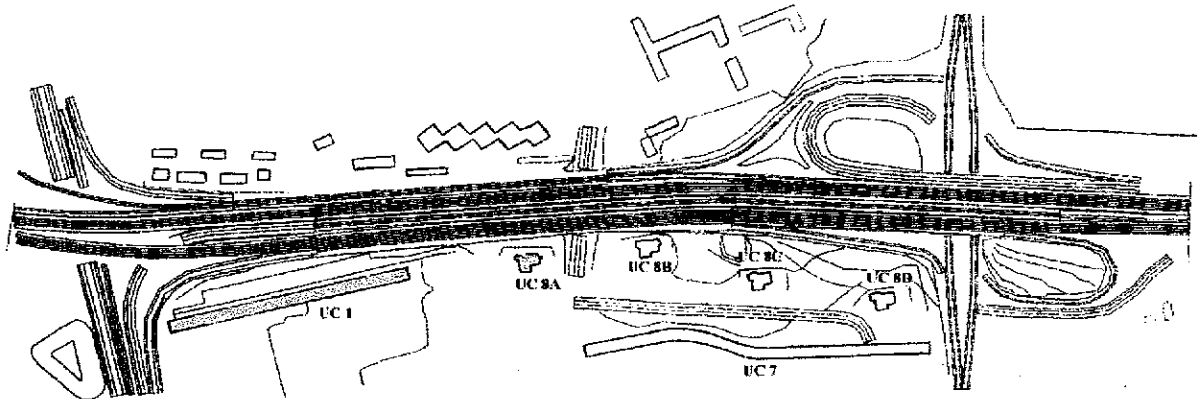


Figure 4 : Bron Parilly - Plan du site modélisé

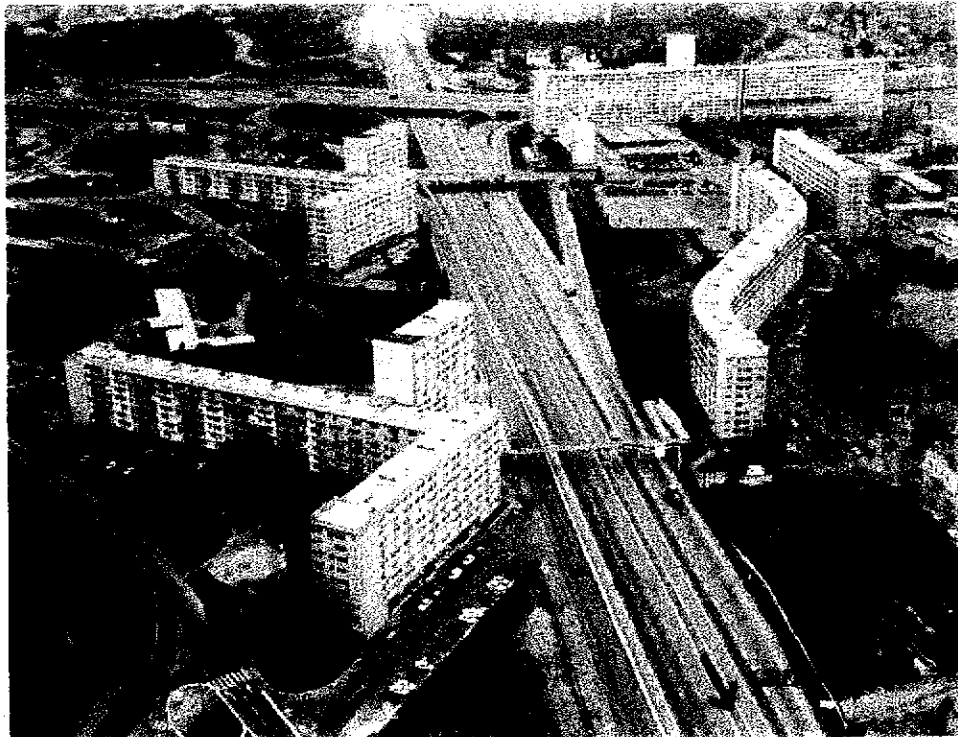


Figure 5 : Site de Bron Parilly, échangeur entre le Boulevard Périphérique (RN 383) et l'A3 au niveau de l'immeuble UC1



Figure 6 : Bron Prailly, Boulevard Périphérique (RN 383), ouvrage de franchissement de la RD 506

Lors du projet deux tranches ont été distinguées : la tranche ferme, actuellement en cours de réalisation, et la tranche conditionnelle dont la réalisation dépendra de la fermeture ou non de la bretelle.

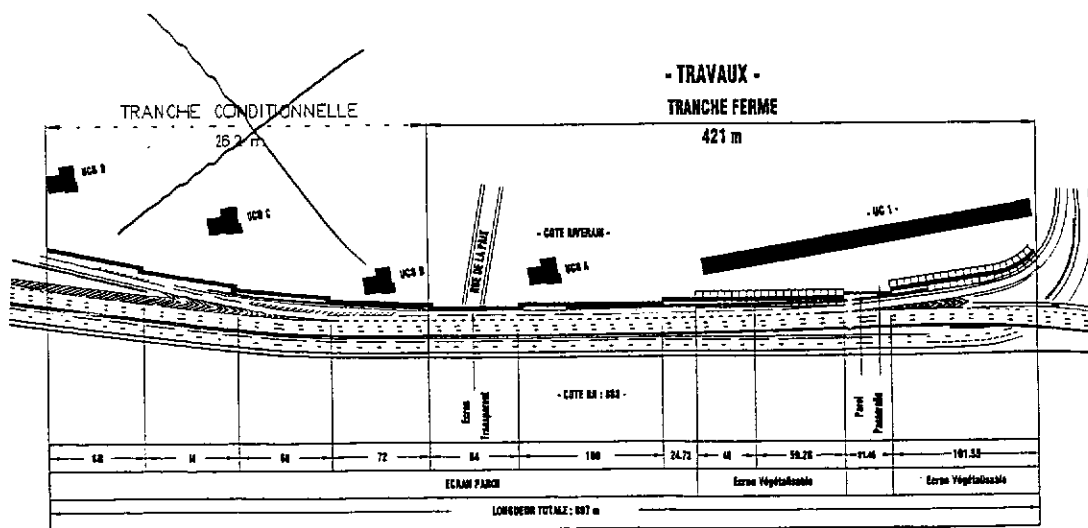


Figure 7 : Bron Parilly - Plan des écrans prévus



La tranche ferme inclue la réalisation de plusieurs écrans :

- * un écran transparent au niveau de la rue de la Paix et au niveau de la passerelle
- * un écran en béton absorbant
- * deux écrans végétalisables

L'ensemble de ces écrans s'étire sur 421 m de long. On peut considérer que l'écran mesure 5 m de haut sur les 100 premiers mètres et d'un peu plus de 4 m sur les 321 m suivant.

On estime ainsi la surface totale à 1 800 m².

A cet endroit le bâti est constitué d'un ensemble de collectifs. On trouve ainsi un immeuble de 13 étages ainsi qu'une tour de 12 étages.

Ces collectifs sont représentés, sur les photos et la modélisation du site, respectivement par la barre UC 1 et la Tour UC 8 A.

Les données concernant le trafic ont été recueillies dans l'étude effectuée par L'EEG (Europe Etudes Gecti).

Le calcul de niveaux sonores avant et après la construction des écrans à été réalisé à l'aide du logiciel MITHRA.

c) Coût des travaux

Les coûts proposés ci-dessous proviennent du marché.

Type de frais <i>Coûts d'investissement</i>	coût indicatif <i>(en F/m² HT)</i>
Installation – Contrôles <ul style="list-style-type: none">– Installation et repli du chantier– Etudes d'exécution– Rémunération du PAQ– Protecteurs	460
Travaux préparatoires : <ul style="list-style-type: none">– Démolitions– Adaptation du terrain / des ouvrages : Terrassement (décapage de la terre végétale, évacuation en décharge, fourniture du matériau en remblai, mise en œuvre terre végétale), Assainissement, etc.– Canalisations– Remise en état	330
Ecran antibruit : <ul style="list-style-type: none">– Fondations (forage des pieux, etc.), Coffrage– Structure– Paroi + portes, passages	2 950 dont 690 de fondation
Finition : <ul style="list-style-type: none">– Anti graffiti– Glissière de sécurité, etc.	60
Intégration dans l'environnement : <ul style="list-style-type: none">– Aménagement paysager (arrosage, tranchée, grillage, etc.)– Espaces verts (fosse plantation, fournitures, arbustes)	400
Total	4 200 (sans études)



Le coût des différents écrans n'est pas différencié.

Etant donné les difficultés rencontrées sur le site (et donc les nombreux travaux préparatoires nécessaires), le coût/m² de ces écrans est relativement élevé.

L'effort particulier d'intégration dans l'environnement, puisqu'il s'agit d'aménager des espaces verts, entraîne également un surcoût non négligeable.

L'écran protégeant un espace public, un aménagement du côté riverain a été effectué. Habituellement, celui-ci est laissé à la charge des riverains qui plantent du lierre etc. sur le côté du mur se situant au fond de leur jardin.

Le coût de l'écran est de 7 544 746 F HT sans les études acoustiques, etc. soit environ 9 099 000 F TTC avec la TVA à 20.6%.

d) Coût Efficacité

Avant de proposer un coût d'évitement du bruit par personne protégée, il faut encore noter que Bron Parilly doit être considéré comme un cas particulier. Ce ne sont pas les habitations qui étaient visées par ce projet. L'avantage qu'elles peuvent en retirer ne doit être donc vu qu'en terme de bénéfice.

Ce bénéfice n'est d'ailleurs pas négligeable puisqu'il permet à un certain nombre de riverains habitant les étages inférieurs de l'immeuble, d'ouvrir leurs fenêtres.

La formule utilisée pour le calcul du Coût Efficacité ne permet pas de prendre en compte l'efficacité de l'écran sur les espaces publics.

Le plan du site et de l'étude acoustique réalisée avant la construction des écrans permettent d'estimer le nombre de logements pouvant bénéficier d'une réduction du niveau sonore en façade et la valeur de cette réduction.

L'écran n'ayant pas été construit dans le but de protéger des habitations, cette évaluation est cependant relativement difficile. L'étude a en effet été réalisée dans l'optique de la protection des espaces au sol.

Sans l'écran, les niveaux sonores au droit de l'immeuble sont très élevés : entre 75 et 80 dB(A) pour la partie Nord et entre 70 et 75 dB(A) pour la partie Sud. La façade de la tour a des niveaux sonores compris entre 70 et 75 dB(A). Ces résultats concernent les rez-de-chaussée. On remarque que les façades arrière, malgré leur position opposée à la route, restent avec des niveaux très élevés proche de 70 dB(A).

Avec l'écran, les niveaux sonores au droit de l'immeuble sont compris entre 60 et 65 dB(A) pour la partie Nord et entre 50 et 55 pour la partie Sud. Les espaces au sol au niveau de la tour se situent entre 60 et 65 dB(A), par contre, une zone localisée garde des niveau sonores entre 65 et 70 dB(A). Ceci est dû aux multiples réflexions créées par la faible distance entre la tour et l'écran. L'écran absorbant des deux côtés ne fait pas disparaître totalement cette zone.

En tous points de l'espace au sol, les niveaux sonores sont compris, avec l'écran entre 60 et 65 dB(A).



Connaissant le nombre de logements dans l'immeuble, sachant que le rez-de-chaussée n'est pas habité et que l'écran protège jusqu'au 2-3^{ème} étage, on peut estimer les gains pour ces logements. On considère que la protection de la tour est faible.

$$\Sigma P_i \times \text{gain}_i = 700$$

Cette valeur a été obtenue en posant que le gain de l'écran diminue en moyenne de 1-2 dB(A) quand on augmente d'un étage. On a pris plutôt 2 dB(A).

On obtient alors

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{9099000}{700}$$

Soit Coût Efficacité \approx 13 000 F/(dB×habitation protégée) HT

Encore une fois, ce chiffre n'est donné qu'à titre indicatif étant donné la nécessité de procéder à des estimations en l'absence de valeurs mesurées sur le terrain. L'incertitude sur cette valeur est relativement grande.

IV.2.6 Ecran et merlon de Petite Forêt

a) Situation

L'écran de Petite Forêt, dans le Nord, a été construit en 1993 pour rattraper un PNB. Il se situe aux abords de l'A23 (2×2 voies).

Il s'agit d'un écran réfléchissant en bois.

De 4 m de hauteur en moyenne, il s'étend sur 294 m dans le sens Lille-Valencienne et sur 232 m dans le sens Valenciennes-Lille. Cela correspond à une surface de 2 153 m².

Les merlons ont une hauteur de 2 m sur 160 m dans le sens Lille-Valencienne et sur 80 m dans le sens Valenciennes-Lille.

b) Coût des travaux

Les coûts de l'opération sont présentés ci-dessous.

L'écran a coûté 2 776 268 F HT hors études soit environ 3 348 200 F TTC avec la TVA à 20.6%.

La réalisation du merlon a, quant à elle, coûté 623 704 F HT (7 52187 F TTC) ce qui ramène le coût de ces merlons à près de 1 300 F HT/m². Ce coût élevé s'explique par les



difficultés rencontrées sur le terrain. On peut citer la nécessité de combler d'abord un fossé, l'abattage d'arbres et le fait que ce site ne soit pas facile d'accès.

c) Coût efficacité

L'ensemble de ces protections permet d'isoler des logements individuels. Environ 65 logements ont ainsi vu leur situation acoustique s'améliorer.

Les niveaux sonores supérieurs à 65 dB(A) sans l'écran, sont en moyenne de 60 dB(A) avec. Des valeurs précises ne sont cependant pas accessibles facilement. Cela est dû aux restructurations des services de la DDE 59 depuis la construction des écrans.

Un calcul estimatif du Coût Efficacité de cette opération peut cependant être effectué. On pose pour cela que le gain moyen des protections acoustiques est de 7 dB(A).

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{coût total}}{\left[(L_{\text{Aeq}})_i - (L_{\text{Aeq}})_f \right] \times \text{nombre de logements}} = \frac{4100366}{7 \times 65}$$

Soit Coût Efficacité \cong 9 000 F/(dB×logement) HT



IV.2.7 Projet d'élargissement de la Francilienne

a) Introduction

A partir des travaux de M. Gauran de la DREIF [7], un autre site peut être présenté dans cette étude. Il s'agit de la section de la RN 104 comprise entre l'échangeur de l'A 4 (échangeur de Val Maubuée) et la RN 4.

Les travaux acoustiques sur ce site étant à l'heure actuelle en phase d'étude, nous présenteront les différentes situations qu'analyse M. Gauran dans son rapport s'intitulant : Evaluation de l'impact sonore sur la population.

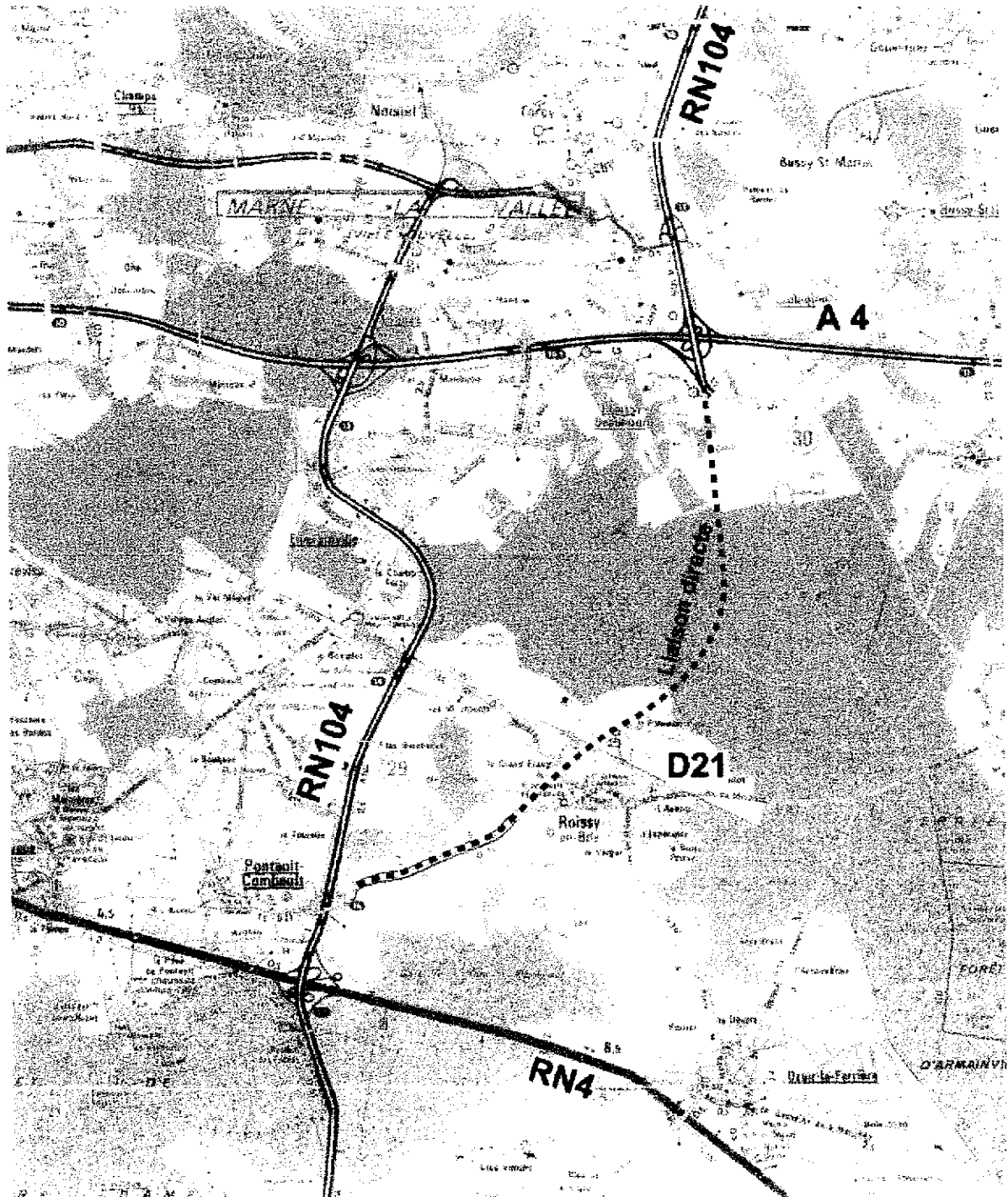
b) Situation

On considère ici un projet d'élargissement à 2x3 voies de la Francilienne entre l'A4 et la RN4.

L'analyse de la contribution sonore de la RN 104 sur les bâtiments d'habitation, de santé et sur les écoles, a été effectuée par la DREIF dans une bande d'étude de l'ordre de 500 m de part et d'autre de la section RN 104 (incluant la VPO). Cette bande d'étude s'étend sur une longueur de 8 km entre l'échangeur de l'A 4 (échangeur de Val Maubuée) et la RN 4.



Plan de situation



Remarque :

La liaison directe est un autre projet à plus long terme visant à supprimer le barreau commun A4 – Francilienne.



Mise à part pour la VPO, l'urbanisation se situe du côté ouest de la RN 104. On peut estimer à 15 600 personnes la population concernée.

A l'est de la voie se trouve l'aérodrome de Lognes-Emerainville, une zone industrielle d'Emerainville, la forêt domaniale d'Armainvilliers, une zone industrielle de Pontault-Combault et un secteur agricole.

Plusieurs situations ont été analysées dans l'étude. Nous ne retiendrons ici que les simulations à saturations acoustiques et regarderont alors l'impact des différentes solutions envisagées sur les populations.

La situation de référence est, à défaut d'avoir la simulation de la situation future à 2×3 voies avec uniquement les protections existantes et à saturation acoustique, la situation actuelle à 2×2 voies avec les protections existantes et à saturation acoustique.

6 projets différents sont ainsi présentés.

- 1) Une première solution présente les protections proposées par l'enquête d'utilité publique de novembre 1997. Il s'agit d'un écran d'un peu plus de 3m de haut en moyenne sur une longueur de 3 800 m.
- 2) Une deuxième solution consiste à envisager des protections supplémentaires :
 - * un écran, côté Ouest le long de la VPO au sud de l'échangeur avec le CD10p
 - * un écran le long du côté sud du boulevard de Beaubourg
 - * un écran, côté Ouest entre le boulevard de Beaubourg et le nord de la voie SNCF
 - * un écran pendant la traversée du bois de Beaubourg
 - * un écran, côté Ouest entre l'échangeur avec la RN321 et la station service.L'ensemble de ces écrans correspond à 7900 m² d'écran supplémentaire (écran d'environ 2 m en moyenne sur 3750 m).
- 3) Une troisième solution renforce ces précédentes dispositions en augmentant le nombre et les caractéristiques des écrans situés dans le quadrant Sud-Ouest de l'échangeur VPO×RD10p et celui situé dans le quadrant Sud-Ouest de l'échangeur RN104×RD361. Cela correspond à rajouter 2 200 m² d'écran (écran s'étendant sur 450 m).
- 4) La quatrième solution consiste à effectuer le passage sous les voies SNCF et sous la RD 361, avec adaptation des protections phoniques correspondantes.
- 5) La solution cinq propose de surélever l'ensemble des écrans de 0.5 m soit 4 000 m² d'écran supplémentaire.
- 6) La sixième solution rehausse les écrans non plus de 0.5 mais de 1m soit 8 000 m² d'écran supplémentaire.

L'étude de la DREIF a pris comme hypothèse de trafic à saturation acoustique.

Pour les sections courantes (sur la RN 104 comme sur le barreau direct), le trafic est estimé à 1 000 véh.h⁻¹.file⁻¹, la vitesse retenue est 105 km/h et le pourcentage de poids lourd est estimé à 20 %.

Pour les bretelles, une valeur inférieure à 1000 véh.h⁻¹.file⁻¹ et fonction des bretelles a été utilisée. Les vitesses ont été adaptées aux caractéristiques géométriques des bretelles et varient de 40 à 80 km/h.



c) Coût Efficacité

Des analyses statistiques ont été effectuées associant un nombre de personnes à une zone de niveau sonore.

Niveau sonore	Population concernée (en terme de pourcentage)						
	Référence	Solution 1	solution 2	Solution 3	Solution 4	solution 5	solution 6
≤50 dB(A)	3470 pers (22%)	4200 pers (27%)	4970 pers (32%)	5100 pers (33%)	7200 pers (46%)	5500 pers (35%)	6000 pers (38.5%)
50-55 dB(A)	6400 pers (41%)	7310 pers (47%)	7180 pers (46%)	7200 pers (46%)	6160 pers (39.5%)	7220 pers (46%)	7040 pers (45%)
55-60 dB(A)	4320 pers (27.5%)	3570 pers (23%)	3100 pers (20%)	3050 pers (19.5%)	2000 pers (13%)	2690 pers (17.8%)	2400 pers (15.5%)
60-65 dB(A)	1130 pers (7.5%)	445 pers (2.5%)	310 pers (1.8%)	235 pers (1.4%)	225 pers (1.4%)	180 pers (1.15%)	150 pers (0.95%)
65-70 dB(A)	235 pers (1.7%)	60 pers (0.4%)	30 pers (0.15%)	15pers (0.15%)	15 pers (0.15%)	10 pers (0.05%)	10 pers (0.05%)
≥70 dB(A)	45 pers (0.3%)	15 pers (0.1%)	10 pers (0.05%)	0 pers (0%)	0 pers (0%)	0 pers (0%)	0 pers (0%)

Pour chaque solution, on cherche à connaître le gain associé au nombre de personnes en bénéficiant, et cela en distinguant les classes de niveau sonore des situations initiales. Ces classes sont déterminées par pas de 5 dB(A). Analyser les niveaux exacts en façade de chaque habitation est impossible.

Le tableau ci-dessous présente des gains en terme de personnes protégées par pas de 5 dB(A). (cf. chapitre II.1.2.c)

Niveau sonore	Population bénéficiant d'un gain de 5 dB(A)						
	Initial	Solution 1	Solution 2	solution 3	Solution 4	Solution 5	solution 6
≥70 dB(A)	30	35	45	45	45	45	45
65-70 dB(A)	205	240	265	265	270	270	270
60-65 dB(A)	890	1060	1160	1170	1220	1250	1250
55-60 dB(A)	1640	2280	2430	3490	2850	3170	3170
50-55 dB(A)	730	1500	1630	3730	2030	2530	2530
Total	3495	5115	5530	8700	6415	7265	7265

Les coûts sont des coûts indicatifs estimés par la DREIF et obtenus à partir des nombreux projets réalisés dans la région parisienne.

Ces estimations se basent sur un prix unitaire de 3 500 F/m² HT pour les écrans.



Coût HT					
Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	solution 6
42.5 MF	70 MF	78 MF	Non chiffrée	92 MF	120 MF

Pour les solutions 5 et 6, un couronnement acoustique d'écran peut être encore ajouté. Le coût de ce couronnement est estimé à 1 000 F/ml ce qui correspond à ajouter respectivement 8 MF et 22 MF. Le gain supplémentaire engendré par ce couronnement ne peut cependant pas être chiffré ici.

Bien qu'il eût pu être intéressant de connaître le coût de la solution acoustique la plus efficace (solution n°4 avec le passage sous les voies), celle-ci, hors appel d'offre et étude de marché est difficile à chiffrée.

Coût TTC					
Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	solution 6
51 MF	84.5 MF	94 MF	Non chiffrée	111 MF	145 MF

Pour les cinq autres solutions, un calcul estimatif du Coût Efficacité peut être proposé.

Ce calcul ne tient pas compte de la situation sonore initiale. Aucune pondération au niveau des gains n'est utilisée. On met ainsi au même niveau un gain de 5 dB(A) permettant de passer de la classe 65-70 dB(A) à la classe 60-65 dB(A) et un même gain de 5 dB(A) permettant de passer de 50-55 dB(A) à la classe ≤ 50 dB(A).

Coût Efficacité en F/(dB×pers.) TTC (calculé pour toute la population autour de l'écran)					
Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	solution 6
2 920	3 300	3 400	Non chiffrée	3 460	4 000
F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)		F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)

Cette valeur du Coût Efficacité prend en compte tous les gains résultants de la construction des écrans, y compris celui dont peuvent bénéficier des logements dont le niveau initial était déjà relativement faible ≤ 60 dB(A). (Ce niveau de 60 dB(A) est l'objectif réglementaire à atteindre lors de travaux sur des voiries nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes).

Si on veut ne tenir compte que des habitations subissant sans protection un niveau sonore > 60 dB(A), le Coût Efficacité devient :

Coût Efficacité en F/(dB×pers.) TTC (calculé pour toute la population subissant sans protection un L_{Aeq} en façade > 60 dB(A))					
Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	Solution 6
9 100	12 700	12 800	Non chiffrée	14 500	18 600
F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)		F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)

Ces coûts Efficacité sont de 3 jusqu'à 5 plus élevés que ceux calculés en prenant en compte l'ensemble des personnes habitant autour des écrans.

Il faut donc bien définir ce que l'on décide de prendre en compte dans ce calcul de Coût Efficacité.



On pourrait ainsi envisager une solution intermédiaire en utilisant une pondération du gain de 5 dB(A) (changement de classe) en fonction du niveau initial. Elle pourrait par exemple avoir l'allure suivante lorsqu'elle concerne les voiries nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes :

Niveau sonore	Pondération
50-55 dB(A)	0.1
55-60 dB(A)	0.2
60-65 dB(A)	1
65-70 dB(A)	1
≥70 dB(A)	1

Ce tableau pourrait être travaillé. L'idée est que l'on prend en compte toutes les habitations concernées au sens réglementaire par la construction de l'écran et, dans une moindre part, les habitations pouvant bénéficier de cette protection en terme de bénéfice supplémentaire.

On a posé ici que l'objectif est de 60 dB(A). C'est considérer qu'avant modification de la voie, on se trouve en zone sonore modérée. Dans le cas contraire, l'objectif est réglementairement de 65 dB(A).

Pour cet exemple nous obtenons avec cette pondération:

Coût Efficacité en F/(dB×pers.) TTC (calculé pour toute la population autour de l'écran en pondérant les gains en fonction du niveau initial)					
Solution 1	Solution 2	Solution 3	Solution 4	Solution 5	Solution 6
6 700	8 700	8 900	Non chiffrée	9 600	11 900
F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)		F/(dB×pers.)	F/(dB×pers.)



IV.3. Isolement de façade

IV.3.1 Site de Bar le Duc

a) Situation

Cette opération a été lancée suite au contournement de Bar le Duc en 98. Elle entre dans le cadre des voies nouvelles ou modifications significatives de voiries existantes. L'objectif à atteindre a été déterminé conformément à la réglementation en vigueur (arrêté du 5 mai 1995).

Un écran était initialement prévu. Ce site étant en ville, il ne pouvait cependant pas être très haut.

De plus, une forte pression des riverains contre cet écran antibruit a amené la DDE à privilégier des isollements de façade. Ceux-ci ont été déterminés à partir des niveaux de bruit prévus sans écran.. Un écran de très petite taille devrait toutefois être réalisé en complément.

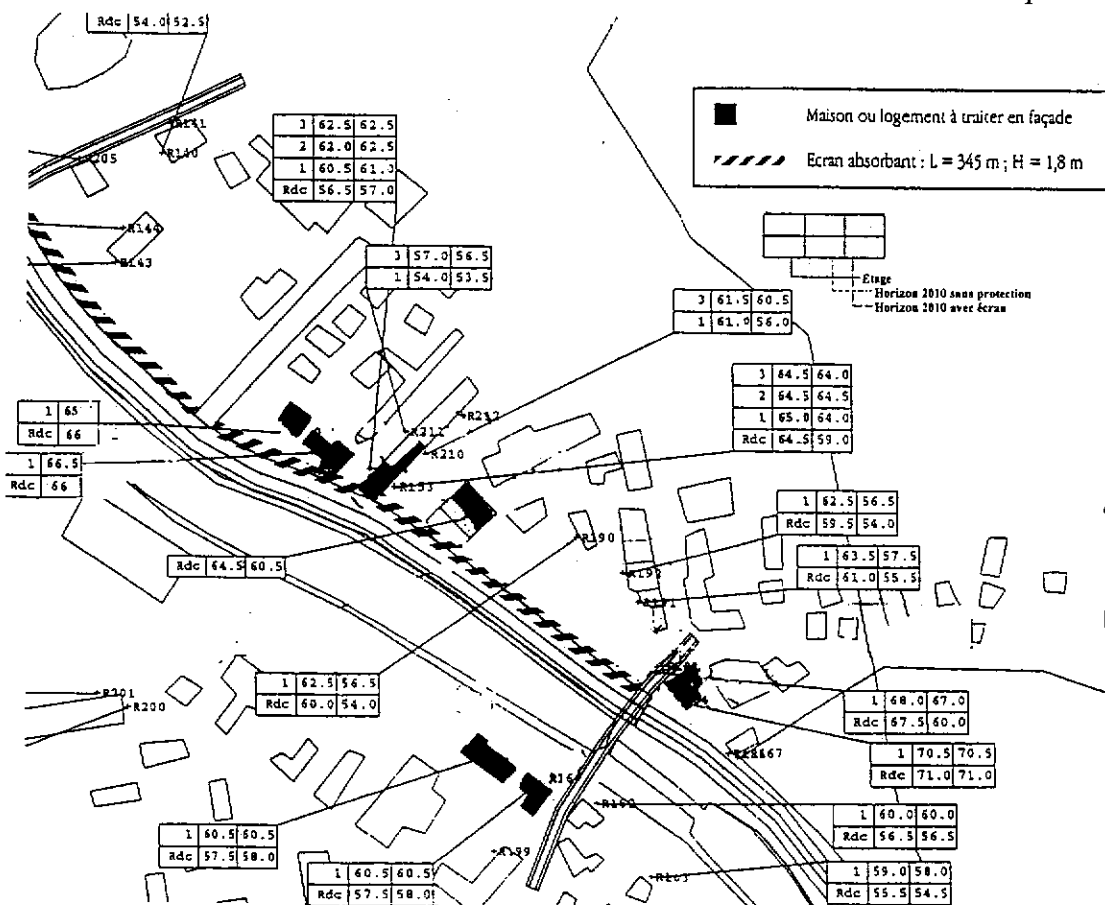
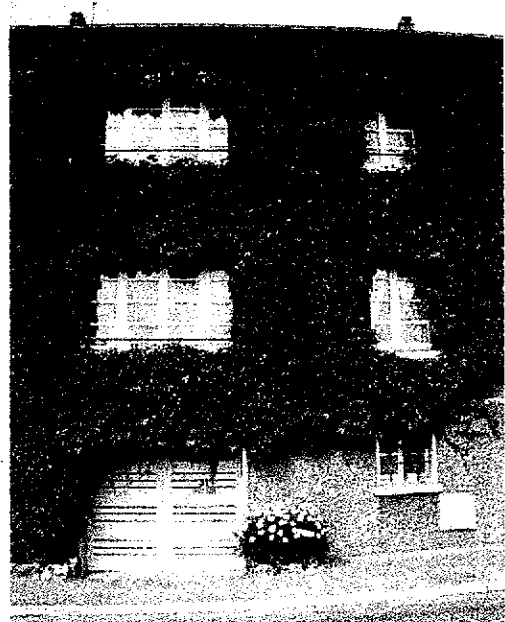


Figure 8 : Niveaux sonores des habitations considérées sur le site de Bar le Duc



Nous ne présentons qu'une partie de l'opération envisagée qui est, à l'heure actuelle, en cours de réalisation. Les démarches à effectuer auprès des riverains prennent en effet du temps.



Exemples de façades à protéger

**b) Coût des isollements de façade**

Logements	Nombre de logements de ce type	DnAT (Isol _j)	Coût HT / logement
Collectif 1	4	30 dB(A)	31 942.00 F
Collectif 2	4	30 dB(A)	26 106.00 F
Collectif 3	1	30 dB(A)	22 378.00 F
Collectif 4	2	30 dB(A)	18 709.00 F
Collectif 5	1	30 dB(A)	17 719.00 F
Collectif 6	4	30 dB(A)	12 873.00 F
Individuel 1	1	35 dB(A)	79 147.00 F
Individuel 2	1	35 dB(A)	47 179.00 F
Individuel 3	1	30 dB(A)	31 107.00 F
Individuel 4	1	35 dB(A)	16 845.00 F
Individuel 5	1	30 dB(A)	16 289.00 F
Individuel 6	1	35 dB(A)	13 195.00 F

En présentant ainsi ces coûts, on choisit de ne pas considérer les différents types et tailles de fenêtres présents dans ces différentes habitations.

Coût total de l'opération	Coût par logement
564 961.00 F HT	25 680.00 F/logmt HT
681 343.00 F TTC	30 970.00 F/logmt TTC

c) Coût Efficacité

Le calcul du Coût Efficacité se fait par rapport à un isolement de référence considéré comme classique de 25 dB(A).

On a alors

$$\text{Coût Efficacité} = \frac{\text{Coût total}}{\sum_j \text{nb}_j (\text{Isol}_j - 25 \text{ dB(A)})}$$

nb_j est le nombre de logements dont l'objectif d'isolement est Isol_j

Le Coût Efficacité de cette opération d'isolement de façade est ainsi :

Coût Efficacité 5 241 F/(dB évité × logement protégé) TTC
--



IV.3.2 Autres opérations d'isolement de façade

Le bilan technico-économique, réalisé par M. De Tricaud du CSTB en avril 1992 [12] traite différentes opérations d'insonorisation d'immeubles existants. Aucun bilan plus récent n'a été publié.

Bien qu'il puisse être remis à jour, notamment en ce qui concerne les conditions réglementaires, ce rapport reste encore valable aujourd'hui.

Les différents moyens existants concernant l'isolement de fenêtres et la ventilation sont, dans un premier temps, présentés.

Des coûts d'insonorisation sont ensuite proposés. Ce sont des coûts TTC. Ils sont relatifs à différentes opérations dans les régions Rhône-Alpes, Paris et Midi.

Nous les reprenons dans le tableau proposé ci-contre afin de calculer le Coût Efficacité de chacune de ces opérations.

Les valeurs du Coût Efficacité données dans ce tableau le sont à titre indicatif.

La plupart de ces valeurs sont en effet des estimations étant donné que l'objectif exact d'isolement n'est pas connu pour chaque logement. Seule la fourchette dans laquelle cet objectif varie est donnée. Toutefois, en se basant sur des opérations d'isolement de façade dont le détail était connu, des estimations quant au nombre de logements concernés par les objectifs de cette fourchette, ont pu être faites.



Coût de différentes opérations d'isolement de façade

Région	Année	Nombre de logements	Objectif atteint DnAT++	Coût TTC/logmt Valeur fin 89	Coût TTC de l'opération Valeur fin 89	Remarques	Coût Efficacité estimé Valeur fin 89
Rhône Alpes	1985	54/100	35 à 40	23 300 F/logmt	1 258 200 F	Acoustique intérieure doublage pour 123 KF	2 300 F TTC/(dB×logmt) soit 2 000 F TTC/(dB×logmt) sans compter acoustique intérieure.
Rhône Alpes	1982	122/140	35 à 47	16 000 F/logmt (bât linéaire) 27 000 F/logmt (Taux)	2 590 000 F	Doublage parois verticales	2 100 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1984	100/100	30 à 40	20 500 F/logmt	2 050 000 F		2 300 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1989	58	30	31 400 F/logmt	1 821 200 F		6 280 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1986	66	40 à 42	67 000 F/logmt	4 422 000 F	Acoustique intérieure doublage séparant	4 200 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1987	104	35 à 40	32 000 F/logmt	3 328 000 F		3 000 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1988	70	35 à 40	55 000 F/logmt	3 850 000 F		5 100 F TTC/(dB×logmt)
Paris	1989	200 chambres	35	10 300 F/pièce	2 060 000 F		1 030 F TTC/(dB×logmt)
Paris	1986	200	30 à 35	62 000 F/logmt	12 400 000 F		10 000 F TTC/(dB×logmt)
Paris	1987	162	35 à 37	37 600 F/logmt	6 091 200 F	Conformité chauffe-eau gaz	3 600 F TTC/(dB×logmt)
Paris	1988	55	35 à 40	45 000 F/logmt	2 475 000 F	Acoustique intérieure	4 000 F TTC/(dB×logmt)
Paris	1987	128	35	31 000 F/logmt	3 968 000 F		3 100 F TTC/(dB×logmt)
Midi	1988	260	28 à 40	31 000 F/logmt	8 060 000 F		3 200 F TTC/(dB×logmt)
Midi	1986	40	35	20 800 F/logmt	832 000 F		2 080 F TTC/(dB×logmt)
Midi	1987	36	35	25 000 F/logmt	900 000 F		2 500 F TTC/(dB×logmt)
Midi	1987	15	35	22 400 F/logmt	336 000 F		2 240 F TTC/(dB×logmt)
Rhône Alpes	1989	113	35 à 40	12 000 F/logmt	1 356 000 F		1 200 F TTC/(dB×logmt)



IV.4. Couverture - Projet sur l'A3

IV.4.1 Projet de couverture de l'A3 à Bagnolet et Montreuil

a) Introduction

L'analyse de ce projet est tirée de l'étude préliminaire réalisée par la DDE 93 au mois de mars 1999. Il s'agit, à la demande des communes de Montreuil et Bagnolet, d'une étude de faisabilité de couverture entre le pont Delescluzes et la rue Girardot.

Ce rapport propose une estimation

- du coût total et du coût/logement protégé de chacune des différentes solutions envisagées
- de l'impact des différentes solutions sur le niveau sonore subit par les riverains

Nous pourrions en tirer les coûts efficacité correspondant.

b) Pression des élus et des associations de riverains

La section de l'A 3 a été recensée comme PNB en 1978 puis 1983.

Suite à une étude préliminaire "Qualité et environnement des voies rapides urbaines - Réhabilitation de l'A3", un Avant Projet Sommaire concluait que la réalisation d'écrans de 3 à 5 mètres de hauteur sur une longueur de 2785 mètres - entre la rue Charles Delescluzes à Bagnolet et le pont de la rue Pierre Kératine à Romainville - complétée d'un isolement de façade, pouvait permettre d'atteindre l'objectif de 65 dB(A) à ne pas dépasser.

L'APS a été approuvé par décision ministérielle le 15 mai 1996.

Ce projet n'a cependant pas satisfait bon nombre d'élus et d'associations de riverains. Pour la section concernant la cité des Malassis notamment, les étages supérieurs (au-delà de R + 4) des immeubles de grande hauteur (de R+5 à R+13) ne bénéficient pas de la protection des écrans. Etant par ailleurs déjà protégés par des isolements de façade, ils refusent donc leur construction et demandent une couverture de la voie.

Prenant en considération la demande pressante des élus et riverains, la région Ile de France, co-financeur de l'opération, a donc accepté le principe d'une étude de faisabilité d'une couverture sur la partie comprise entre le pont Delescluzes et la rue Girardot.

En ce qui concerne le reste de la section concernée par l'APS, des travaux relatifs à la construction d'écrans entre le pont Stalingrad et la rue Jean Jaurès sont en cours de réalisation.



Il doit être noté que ce projet a un statut un peu particulier. Il ne peut en effet pas être considéré comme un rattrapage de PNB étant donné que les habitations ont déjà bénéficié d'un isolement de façade.

c) Présentation du site étudié dans l'étude préliminaire

La section de l'A 3 concernée traverse les communes de Bagnolet, Montreuil.

C'est une 2x4 voies supportant un trafic de plus de 170000 véh/jour avec 15% de poids lourds sur l'autoroute et 10% sur les bretelles.

Le bâti est constitué, au Nord d'un ensemble scolaire et des collectifs de R+5 à R + 13 dont certains bâtiments (cité des Malassis) sont à moins de 40 mètres de la voie, au Sud principalement d'immeubles industriels et de collectifs à l'arrière (à 100 - 150 mètres de l'autoroute).

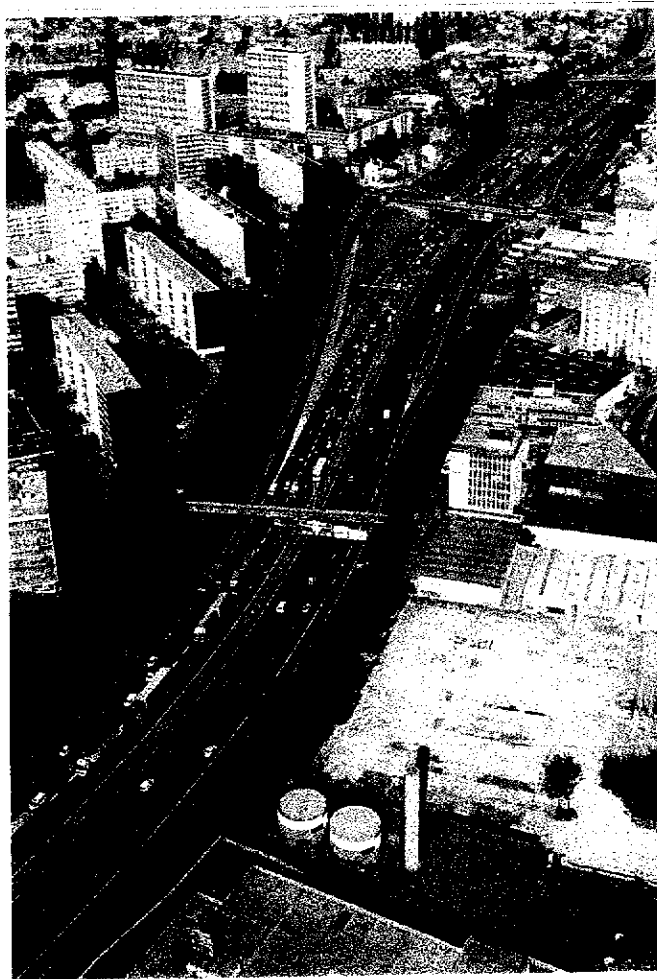


Figure 9 : A3 Bagnolet - Montreuil



d) Le projet de couverture

L'objectif retenu est d'obtenir en façade des habitations un niveau de bruit inférieur à 65 dB(A) pour la période 6h-22h.

Plusieurs solutions sont envisagées dans cette étude préliminaire :

n°	Projet	Description de la solution envisagée	Coût TTC
0	APS	Ecran antibruit de la rue Charles Delescluzes à Bagnolet et le pont de la rue Pierre Kéraudet à Romainville	53 MF (sans effort esthétique) A ne pas comparer directement avec les solutions ci-dessous car la section concernée n'est pas la même
1	Semi-couverture	Semi-couverture nord entre rue la Camélia et la rue Girardot à Bagnolet	285 MF aménagement compris
2	d'une rive à l'autre	Semi-couverture nord entre rue la Camélia et la rue Girardot à Bagnolet Elargissement de la couverture entre la rue Camélia et l'insertion de la bretelle de sortie de Montreuil (sud de l'A3)	entre 320 MF et 405 MF, aménagement compris (suivant les options choisies)
3	Couverture totale	Couverture totale de l'autoroute entre le pont de Delescluzes et l'avenue de Stalingrad	Entre 655 MF et 710 MF, aménagement compris (suivant les options choisies)

Par ailleurs, l'élargissement et le traitement du pont de Delescluzes sont estimés à 15 MF TTC qui viennent s'ajouter aux montants ci-dessus.

L'aménagement paysager des couvertures moyennes et lourdes n'est pas compris.

Le détail du coût de la solution semi-couverture est le suivant :

✶ Etudes	6 300 000.00 F HT
✶ Suivi de travaux	12 200 000.00 F HT
✶ Travaux préparatoires	33 572 000.00 F HT
✶ Travaux génie civil	103 235 000.00 F HT
✶ Traitement des points particuliers	23 824 924.00 F HT
✶ Divers	25 824 205.00 F HT
✶ Equipements	26 092 000.00 F HT
Total HT	230 456 129 F
Total arrondi TTC	275 MF TTC
+ Elargissement piétonnier du pont de Delescluzes	15 MF TTC
+ Aménagement de la dalle de couverture	7 MF TTC
TOTAL GENERAL	300 MF TTC



L'étude préliminaire propose une estimation du coût par logement de chacune des 3 solutions avec couverture en ne tenant compte que des habitations dont le niveau initial est supérieur à 65 dB(A) (actuel objectif de résorption de PNB).

Coût TTC		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
323 KF/logmt	Entre 326 et 412 MF	entre 646 et 700 MF

e) Calcul du Coût Efficacité

L'étude préliminaire ne propose qu'une estimation du nombre de logements subissant un niveau $L_{Acq} \geq 65$ dB(A). Un détail précis n'est pas fourni.

A partir des différents plans et des renseignements pris par ailleurs, on peut cependant estimer les logements par classe de niveaux sonores (par pas de 5 dB(A)). Il doit toutefois être remarqué qu'estimer ces données sans se déplacer sur le terrain n'est pas chose aisée.

Pour avoir plus de précision concernant le nombre de logements par immeuble, il faudrait aller sur place compter les boites aux lettres par exemple.

Il faut noter également que toutes ces valeurs dépendent de la qualité des travaux réalisés par le bureau d'étude dont elles sont tirées.

Les valeurs ci-dessous ne doivent être prises qu'en terme d'ordre de grandeur.

Niveau sonore	Population concernée en terme de logements Au Nord (à Bagnolet) + au Sud (à Montreuil)				
	Référence	Solution 0	solution 1	Solution 2	Solution 3
≤ 50 dB(A)	0 + 10	0 + pas connu	40 + 10	50 + 75	390 + 530
50-55 dB(A)	15 + 100	90 + pas connu	360 + 140	350 + 280	390 + 120
55-60 dB(A)	120 + 230	240 + pas connu	430 + 305	470 + 300	250 + 90
60-65 dB(A)	175 + 250	290 + pas connu	320 + 180	285 + 60	140 + 20
65-70 dB(A)	510 + 140	350 + pas connu	50 + 100	45 + 40	35 + 0
≥70 dB(A)	380 + 30	230 + pas connu	0 + 25	0 + 5	0 + 0
Total	1200 + 760	1200	1200 + 760	1200 + 760	1200 + 760

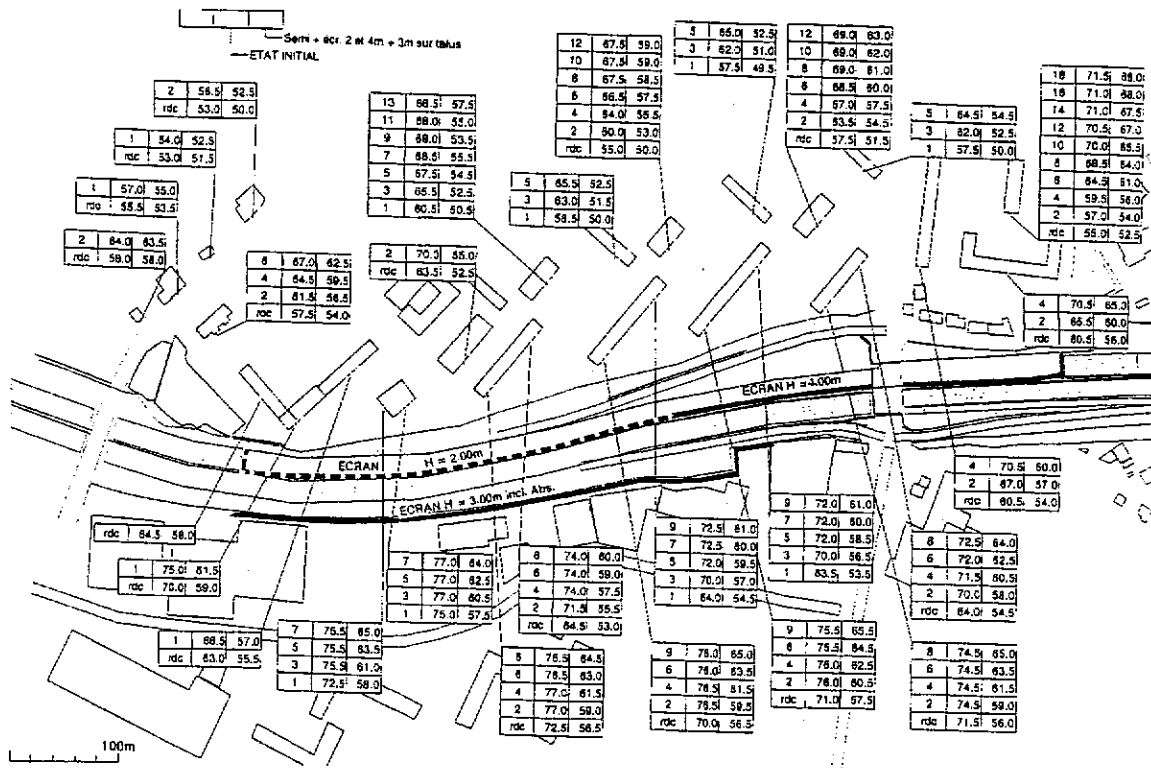


Figure 10 : Etude acoustique du site de Bagnolet avec la solution de la semi-couverture

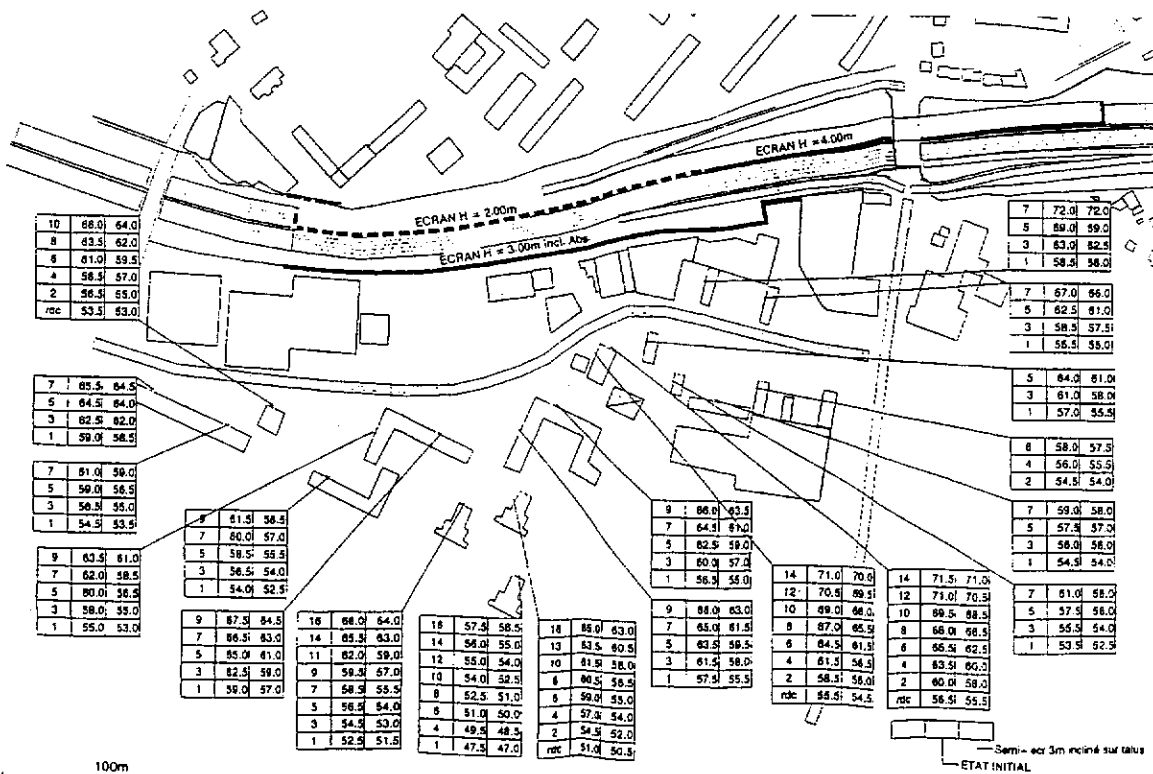


Figure 11 : Etude acoustique du site de Montreuil avec la solution de la semi-couverture



Le tableau ci-dessous présente des gains par pas de 5 dB(A).

Ainsi une habitation gagnant 10 voire 15 dB(A), est comptée ici comme 3 habitations bénéficiant de 5 dB(A).

Niveau sonore Initial	Nombre d'habitations bénéficiant d'un gain de 5 dB(A)		
	Solution 1	Solution 2	Solution 3
≥70 dB(A)	380 + 5	380 + 25	380 + 30
65-70 dB(A)	840 + 45	845 + 125	850 + 170
60-65 dB(A)	695 + 115	735 + 315	890 + 400
55-60 dB(A)	385 + 40	385 + 245	755 + 540
50-55 dB(A)	40 + 0	50 + 65	390 + 520
Total	2340 + 205	2395 + 775	3265 + 1660

En utilisant les coûts donnés plus haut, pour ces trois solutions, un calcul estimatif du Coût Efficacité peut être proposé.

En fait différents calculs de ce Coût Efficacité peuvent être effectués :

- (a) Le calcul ci-dessous ne tient pas compte de la situation sonore initiale. Aucune pondération au niveau des gains n'est utilisée. On met ainsi au même niveau un gain de 5 dB(A) permettant de passer de la classe 65-70 dB(A) à la classe 60-65 dB(A) et un même gain de 5 dB(A) permettant de passer de 50-55 dB(A) à la classe ≤ 50 dB(A)

Coût Efficacité en $F/(dB \times \log mt)$ TTC (en comptabilisant tous les gains sans introduire la notion de seuil)		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
22 400 $F/(dB \times \log mt)$	entre 20 200 $F/(dB \times \log mt)$ et 25 600 $F/(dB \times \log mt)$	Entre 26 600 $F/(dB \times \log mt)$ et 28 900 $F/(dB \times \log mt)$

Etant donné le grand nombre de personnes concernées par la construction de cette couverture ou semi-couverture (près de 2000 logements) le Coût Efficacité, lorsqu'il prend en compte tous les gains engendrés - y compris ceux dont bénéficient des logements qui, sans la protection acoustique, n'ont pas en façade de leur logement, un $L_{Aeq} \geq 60$ dB(A) - ne parait pas énorme.

- (b) Si l'on ne tient compte que les logements qui subissent un L_{Aeq} initial ≥ 65 dB(A), comme le fait l'étude préliminaire, le Coût Efficacité est alors :

Coût Efficacité en $F/(dB \times \log mt)$ TTC (calculé en comptabilisant les gains des habitations qui avaient un niveau sonore initial ≥ 65 dB(A))		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
33 100 $F/(dB \times \log mt)$	Entre 27 900 $F/(dB \times \log mt)$ et 35 300 $F/(dB \times \log mt)$	entre 40 400 $F/(dB \times \log mt)$ et 43 800 $F/(dB \times \log mt)$



On a posé pour ce calcul :

	Population concernée en terme de logements		Gain en moyenne prévu en dB(A)	
	Au Nord (à Bagnolet)	Au Sud (à Montreuil)	Nord	Sud
Solution 1	840	45	10	5
Solution 2	845	100	12.5	5
Solution 3	855	170	16	15

- (c) Une autre manière de calculer serait, non pas de prendre le gain moyen prévu, mais de se baser sur l'objectif de 65 dB(A). Le Coût Efficacité a alors une allure très différente :

	Solution 1	solution 2	Solution 3
Efficacité (dB×logmt)	6350	6875	7150
Coût Efficacité calculé en fonction d'un objectif de 65 dB(A) en F/(dB×logmt) TTC	44 900 F/(dB×logmt.)	entre 46 600 F/(dB×logmt) et 59 000 F/(dB×logmt)	entre 91 600 F/(dB×logmt) et 99 300 F/(dB×logmt)

- (d) On pourrait envisager une solution intermédiaire en utilisant une pondération du gain de 5 dB(A) (changement de classe) en fonction du niveau initial. Elle pourrait par exemple avoir l'allure suivante pour des opérations de rattrapage de PNB :

Niveau sonore	Pondération
50-55 dB(A)	0.05
55-60 dB(A)	0.2
60-65 dB(A)	0.5
65-70 dB(A)	1
≥70 dB(A)	1

Ce tableau pourrait être travaillé. L'idée est que l'on prend en compte toutes les habitations concernées au sens réglementaire ($L_{Aeq} \geq 65$ dB(A) pour les opérations de rattrapage de PNB) par la construction de l'écran et, dans une moindre part, les habitations pouvant bénéficier de cette protection en terme de bénéfice supplémentaire.

Coût Efficacité en F/(dB×logmt) TTC avec une pondération en fonction du niveau sonore initial		
Solution 1	Solution 2	Solution 3
36 700 F/(dB×logmt.)	entre 32 000 F/(dB×logmt) et 40 600 F/(dB×logmt)	Entre 54 300 F/(dB×logmt) et 58 900 F/(dB×logmt)



Afin de se faire une idée plus large des valeurs que peuvent atteindre ces différents coûts efficacité pour une réalisation de couverture, nous traitons ci-dessous un autre projet.

f) Remarque : cas de la couverture lourde

Le choix d'une couverture lourde ne sera pas motivé par des considérations purement acoustiques. Des considérations d'ordre social et urbanistique entrent en ligne de compte. Une couverture lourde rendant possible un aménagement paysager bien sûr mais surtout un aménagement piétonnier, elle permet de relier des quartiers qui avaient été coupés par la voie.

IV.4.2 Projet de couverture de l'A3 à Romainville

a) Introduction

Cette étude est présentée afin d'étudier le Coût Efficacité de la réalisation d'une couverture sur un autre site.

L'étude préliminaire a été réalisée afin d'étudier l'impact de la réalisation d'une couverture, en comparaison avec celle de l'écran prévu dans l'APS.

Ce n'est toutefois pas cet objectif que nous retiendrons ici et nous ne présenterons que les résultats relatifs à une solution : semi-couverture et à une solution : couverture totale.

Il s'agit d'un rattrapage PNB.

b) Site de Romainville

L'étude concerne un projet de couverture entre les ponts Kéraudet et Jean Jaurès. Les hypothèses prises pour le trafic dans cette étude sont les suivantes :

- 7 800 véh/jour (dans les 2 sens)
- 15% de poids lourds
- vitesse de 80 km/h



c) Le projet de couverture

L'objectif retenu est d'obtenir en façade des habitations un niveau de bruit inférieur à 65 dB(A) pour la période 6h-22h.

On ne présente ci-dessous que les coûts de deux types de solutions parmi toutes celles envisagées.

n°	Projet	Coût TTC (aménagements inclus)
1	Semi-couverture	90 MF (semi-couverture légère) 99 MF (semi-couverture moyenne)
2	Couverture totale	165 MF, aménagement compris (suivant les options choisies)

L'étude préliminaire propose une estimation du coût par logement de chacune des 3 solutions avec couverture en ne tenant compte que de ceux dont le niveau initial est supérieur à 65 dB(A) (actuel objectif de résorption de PNB)..

Coût/logement TTC	
Solution 1	solution 2
Entre 1185 KF/logement et 1395 KF/logement	entre 2170 KF/logement

d) Calcul du Coût Efficacité

L'étude préliminaire ne propose qu'une estimation du nombre de logements subissant un niveau $L_{Aeq} \geq 65$ dB(A). Un détail précis n'est pas fourni.

Il faut noter que toutes ces valeurs dépendent de la qualité des travaux réalisés par le bureau d'étude dont elles sont tirées.

En ne tenant compte que des logements qui subissent un L_{Aeq} initial > 65 dB(A), le Coût Efficacité est :

Coût Efficacité en F/(dB×logmt) TTC	
solution 1	Solution 2
Entre 133 300 F/(dB×logmt) et 146 700 F/(dB×logmt)	200 000 F/(dB×logmt)



On a posé pour ce calcul :

	Différence entre le nombre de logements ayant un $L_{eq} > 65$ dB(A) sans protection et avec	Gain en moyenne prévu en dB(A)
Solution 1	75	9
Solution 2	75	11

En comparant avec les valeurs calculées de cette manière pour la couverture de Bagnolet-Montreuil, on voit que le Coût Efficacité ici est nettement plus important.

Cet exemple a été exposé afin de montrer la largeur de la fourchette du Coût Efficacité.

Une remarque peut toutefois être faite quant à la méthode de calcul retenue pour cet exemple. C'est sans doute la plus rapide puisqu'elle ne nécessite pas de recenser les logements dont le L_{Aeq} est inférieur à 65 dB(A), ce qui simplifie grandement la tâche. Cependant de nombreux autres logements bénéficient de la protection. Prendre au moins en compte ceux qui sont compris entre 60 et 65 dB(A) (ils le sont d'ailleurs lors des constructions de voiries nouvelles) pourrait être judicieux. D'ailleurs, lorsque l'on estime le gain de la couverture à 10 dB(A) environ, on comptabilise également le gain de certains des logements dont le niveau sonore passe en dessous 65 dB(A).

Dans les études préliminaires (notamment quand elles concernent des rattrapages de PNB) les données nécessaires à ce type de calcul n'apparaissent malheureusement pas.

e) Remarque

Dans la démarche que nous avons présentée, nous ne regardons que le nombre de logements bénéficiant d'une diminution du niveau sonore. On ne met pas cette valeur en rapport avec le nombre de personnes total qu'il aurait fallu protéger.

Or ce qui est particulièrement frappant dans les deux exemples exposés ici à partir des études préliminaires, c'est que l'on ne s'attache, pour chacun d'eux, qu'à une petite section de voie (la section sur laquelle les couvertures sont envisagées). On n'a pas la vision de la totalité du site (comme l'a par contre l'APS avec une proposition d'écrans tout du long, de Bagnolet à Romainville).

Il pourrait donc être intéressant de mettre ces calculs en parallèle avec un rapport : nombre de logements protégés/ nombre de logements touchés du site entier

Le rapport suisse concernant l'évaluation du Coût Efficacité des protections acoustiques propose une démarche de ce genre.



IV.5. Comparaison écran - isolement de façade

Le bilan économique [12], publié par le CSTB et dont sont tirés différents coûts d'isolement de façade présentés dans le chapitre précédent, propose également une comparaison entre insonorisation et écran phonique.

La comparaison écran-isolement de façade concerne les coûts d'investissement pour chacune de ces deux méthodes de protection pour un même site.

Ces opérations concernent des sites dont les niveaux sonores en façade étaient tel que $L_{Aeq} 8h-20h \geq 75$ dB(A) avant protection. (A l'époque c'est en effet ce L_{Aeq} que l'on regardait et non le L_{Aeq} (6h-22h) et (22h-6h) comme on le fait actuellement)

Le tableau présenté dans le bilan économique est rapporté ci-dessous.

**Comparaison des coûts entre protection par écran et protection par insonorisation
(prix TTC valeur fin 89)**

	Nombre de logements et/ou d'immeubles protégés	Coût écran En MF TTC	Coût d'insonorisation en MF TTC	Rapport coût écran/ coût insonorisation	Facteurs influençant les coûts
1	2 immeubles (70 logements)	5.6	3.85	1.45	Façades légères des deux immeubles Coût d'insonorisation élevé. - Présence d'une butte naturelle permettant de diminuer la longueur de l'écran
2	2 immeubles (50 logements)	1.7	0.8	2	Présence d'un écran voisin protégeant un lotissement et partiellement les deux immeubles
3	4 immeubles (180 logements)	4.3	2.1	2	Présence d'un écran voisin protégeant un lotissement et partiellement les deux immeubles
4	1 immeuble	4.9 (*)	4.4	1.1	Immeuble ancien avec coût insonorisation élevé écran très court entre deux corps de bâtiments, solution qui comporte une insonorisation complémentaire importante
5	5 immeubles + 5 maisons	7.4	3.7	2	Assez grande densité du bâti derrière l'écran
6	3 immeubles	25	6	4	
7	2 immeubles (80 logements)	1.5	1	1.5	Ecran reliant deux immeubles
8	3 immeubles (230 logements)	5.7 (*)	4.5	1.25	La solution avec écran (effectivement réalisée) comporte l'insonorisation de 65 logements

(*) Y compris insonorisation partielle



Les coûts unitaires par écran (en F TTC/m²), lorsqu'ils ne correspondent pas à une opération effectivement réalisées, ont été recueillis en 92 dans la Base de Données Ecrans de l'anciennement CETUR (actuel CERTU), pour des types d'écrans similaires, avec réactualisation.

Ce sont les travaux d'insonorisation qui ont effectivement été réalisés pour les sites 1 et 6.

Des écrans ont été édifiés :

- sans insonorisation complémentaire dans les cas 5 et 7
- avec insonorisation complémentaire partielle pour éviter d'avoir des écrans trop haut qui ne seraient pas réalistes. Le coût de l'écran a alors été calculé en dimensionnant un écran permettant de ramener le niveau sonore L_{Aeq} 8h-20h vers 65-68 dB(A) au dernier étage du ou des immeubles les plus exposés. Le site 8 fait toutefois exception. Pour ce dernier en effet, le coût de la solution écran (effectivement réalisé) correspond en fait à une solution mixte "écran + insonorisation".

Ces évaluations comparatives, précise le rapport, ne sont qu'assez grossières. Elles donnent cependant un ordre de grandeur.

A partir des valeurs du tableau, les constatations suivantes ont été faites :

- La protection par insonorisation est toujours moins coûteuse que celle obtenue par écran.
- Les cas où la différence entre écran et insonorisation est relativement faible correspondent à des situations particulières comme des écrans - même élevés - reliant plusieurs immeubles ou des immeubles anciens dont l'insonorisation est coûteuse.
- Dans de nombreux cas l'insonorisation revient à 2 ou 3 fois moins chère que la construction d'un écran.

Des remarques complémentaires ont été apportées :

- S'il n'y avait eu aucune insonorisation partielle permettant de réduire la taille des écrans, la différence entre le coût de construction d'un écran et celui d'un isolement de façade aurait fortement augmenté.
- Si la densité du bâti à protéger est faible (exemple type : protection d'un seul immeuble de grande hauteur par un écran élevé), le rapport coût écran / coût d'insonorisation devient également nettement supérieur à 2 - 3.
- Le rapport coût écran/coût d'insonorisation est plus élevé lorsque les niveaux en façade sont faibles.

Il peut être ajouté que dans le cas d'un rattrapage PNB, des travaux préparatoires importants, notamment au niveau des canalisations, etc. peuvent également nettement augmenter le coût des écrans et donc la valeur du rapport coût écran/coût d'insonorisation.

Toutes ces remarques sont faites en précisant évidemment qu'elles doivent être confirmées en prenant un échantillonnage plus important de réalisations.

Ce bilan technico-économique ne prenait pas en considération la notion de Coût Efficacité. Si le nombre de logements concernés est pris en compte lors de la comparaison du coût entre les deux méthodes, ce nombre se limite aux logements devant être protégés, or un écran protégera aussi les éventuels logements autour de celles-ci.

La notion de gain en dB n'est pas non plus clairement abordée.



Sous réserve de vérification approfondie, la protection par insonorisation restera en général toujours moins coûteuse que celle obtenue par écran.

Le graphique présenté ci-dessous et obtenu à partir des résultats du chapitre en offre une illustration.

Il a lui aussi pour objet de donner un ordre de grandeur car les différentes opérations ont été réalisées sur des sites différents.

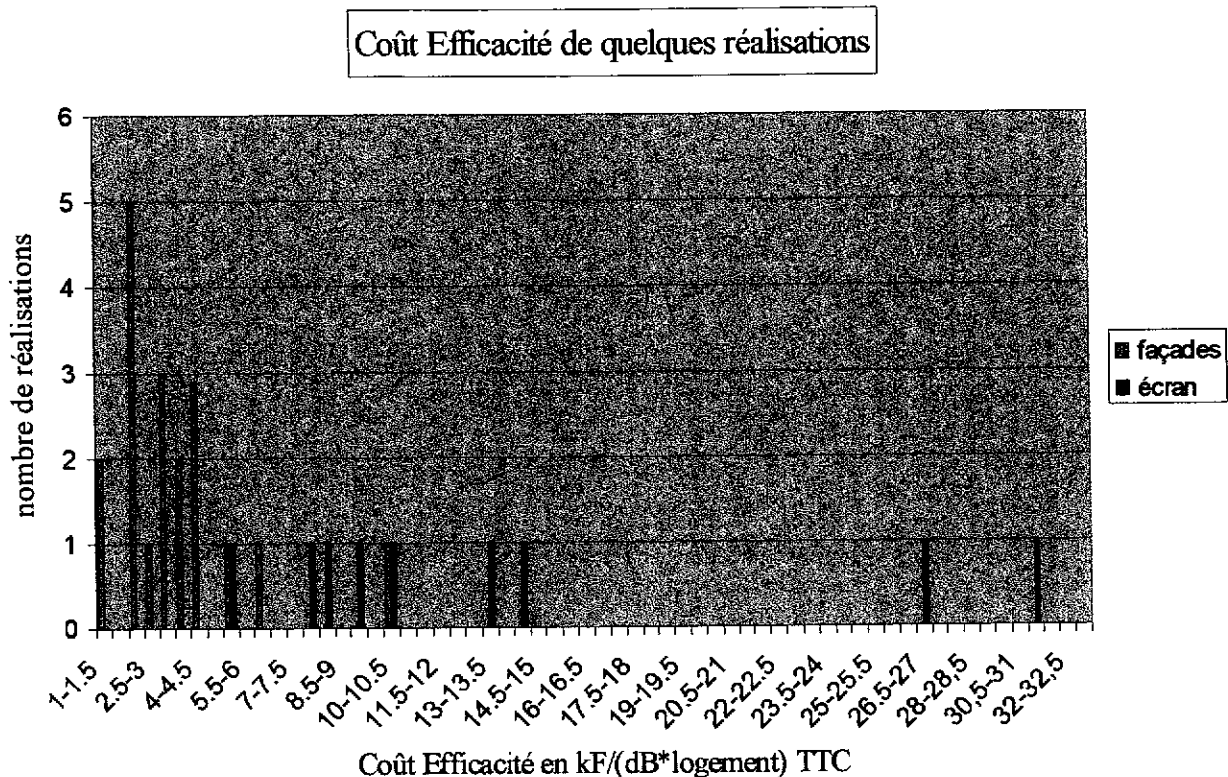


Figure 12 : Histogramme de quelques Coûts Efficacité d'opérations d'isolement de façade et de construction d'écrans acoustiques

Lorsque l'on souhaite comparer différents Coût Efficacité, plusieurs précautions doivent être prises :

- On doit toujours comparer le même type de coût. Il faut donc préalablement décider si on prend ou non en compte le coût des études préliminaires, celui des études acoustiques, celui de l'intervention éventuel d'un architecte, etc.
- La manière dont est estimée les gains et les logements protégés doit être constante (cf. chapitre II.1.1 ou II.1.2.b)



V. Sources - Incertitudes associées aux valeurs obtenues - Faisabilité

V.1. Source des informations permettant de calculer un Coût Efficacité

La plupart des sites traités ont été repérés dans la Base de Données Ecrans du SETRA, CERTU et Réseau de LPC, base gérée par le LRPC de Strasbourg. Elle comprend les réalisations de merlons et de couverture.

Quelques sites ont été suggérés par les personnes contactées au sujet d'autres réalisations.

Il n'y a pas de base de données répertoriant les isollements de façades.

Aucune base de données ne permet d'obtenir directement les données permettant le calcul d'un coût efficacité.

La Base de Données Ecrans fournit des informations concernant le coût des opérations, quand les sites ont été renseignés. Cette base de données est mise à jour en envoyant des questionnaires aux DDE et aux sociétés d'autoroute or beaucoup d'entre eux ne sont pas retournés complétés.

Les renseignements nécessaires à cette étude ont été obtenus également auprès des DDE concernées et des sociétés d'autoroute.

Des questionnaires permettant le calcul d'un indicateur simple (ou "grossier") ont été envoyés. Ce questionnaire est fourni en annexe. Il comporte des informations concernant la localisation du site, les caractéristiques de la protection mise en place (pour les écrans – merlons, couvertures éventuellement), le coût de ces protections, le nombre et le type de logements protégés et les niveaux sonores initiaux et finaux moyens qu'ils subissent. Dans le délai de quatre mois de cette étude, une majorité de questionnaires dûment complétés a été renvoyée.

Il faut préciser que les données qui nous sont nécessaires sont plus ou moins faciles à obtenir, plus ou moins précises, selon l'ancienneté des travaux, la permanence des équipes ayant participé au projet ou l'archivage des dossiers.

Compte tenu de la rotation importante du personnel de l'équipement, il est rare que de pouvoir entrer en contact avec la personne s'étant chargée de l'opération qui nous intéresse. C'est une constatation qu'avaient également fait les groupes Environnement et Trafic-Economie du CETE de Lyon chargés d'effectuer un bilan socio-économique et environnemental consécutif à l'infrastructure Montélian - Albertville – Moutier [12].



Ces questionnaires, envoyés lors du premier mois de cette étude, ce sont parfois cependant révélés insuffisants. L'interprétation des questions que peuvent faire les personnes chargés de le remplir peut en effet être variable. Séparer le coût des structures, des panneaux, des fondations est parfois problématique. Connaître alors ce que la personne a inclus dans le coût des fondations par exemple est difficile. Pour cette raison, le marché des réalisations est utile. Il permet de contrôler ce qui est ou non compris.

Demander également les études acoustiques est intéressant car nous pouvons alors déterminer la manière dont seront calculés les niveaux sonores initiaux et finaux moyens et le nombre de logements protégés (connaître la zone autour de la voie considérée, établir ou non un seuil en dessous duquel les logements et/ou les gains ne sont pas comptabilisés, etc., cf. chapitre II.1.2.b).

Deux types d'études peuvent être utiles :

- * Les Avant Projets Sommaires (APS)
- * Les études/simulations acoustiques

Il est rare que des réceptions des travaux mesurant le niveau en façade des bâtiments soient effectuées. Seules sont réalisées des réceptions d'écrans selon la norme NFS 31 089.

On peut noter que, lorsque ces mesures de réception en façade des habitations existent, ce sont alors les valeurs avant travaux qui peuvent manquer.

- 1) Les APS ont l'avantage d'étudier l'impact du projet sur la population, en terme de personnes (ou habitations) comme de niveau sonore. Ils donnent également des estimations du coût des travaux.

L'APS envisage et compare différentes solutions.

- 2) Les études/simulations acoustiques effectuées une fois le projet approuvé ont pour but de dimensionner les protections à mettre en place. La longueur, la hauteur de l'écran - du merlon - sont alors évaluées afin d'obtenir une solution optimum.

Ces études ne donnent cependant pas de renseignements directs concernant l'impact sur la population. On peut tenter de l'approximer à partir de la modélisation du site (sur Autocad) ou à l'aide d'un plan parallèlement fourni.

Les coûts ne sont en général pas proposés. Cependant, le marché se rapportant au projet, une fois celui-ci lancé, peut être demandé.

En résumé, l'APS a ainsi l'avantage de donner souvent des données intéressantes sur les populations du site considéré. Les données acoustiques, comme il ne s'agit encore que d'un avant projet, sont cependant des estimations. Le dimensionnement des protections n'est pas effectué de manière précise. De même, le coût des travaux n'est qu'estimé.

L'étude acoustique et le marché permettent d'obtenir des résultats plus fiables en ce qui concerne le coût des travaux (coût effectif) et des niveaux sonores (lié à la solution



adoptée). Cette étude, comme nous l'avons déjà précisé, a cependant l'inconvénient de perdre un peu de vue l'aspect population.

L'idéal serait de pouvoir recouper les informations de ces deux types de rapport.

Cela n'est malheureusement pas toujours facile à concrétiser car cela dépend de l'archivage.

Il est à craindre que les dossiers d'APS concernant des opérations déjà achevées ne soit pas facilement accessibles. Les personnes qui s'en sont chargées risquent fortement de ne plus être dans le service contacté. Ce peut même parfois être encore plus compliqué. Des restructurations peuvent en effet avoir eu lieu entre temps. Le service qui s'est occupé de la construction de l'écran peut donc parfois ne plus être le même que celui qui s'était occupé de l'Avant Projet.

On peut noter ici que si les DDE ne fournissent pas les études acoustiques, celles-ci peuvent être demandées, avec accord de DDE en question bien sûr, aux bureaux d'études, CETE, etc. qui s'en sont chargées.

– Informations concernant la population

En ce qui concerne l'obtention des informations concernant la population subissant le bruit, on peut se procurer des informations complémentaires :

- ✓ En se déplaçant sur le terrain
- ✓ En demandant les plans d'occupation des sols anciens et nouveaux (cadastre) à l'hôtel des impôts. Il faut alors, de manière manuelle compter les bâtiments présents. On doit toutefois remarquer que les écoles, usines, etc. ne sont par toujours indiqués. Seuls les hangars sont distingués.

Un SIG (système d'informations géographiques) géré et mis à jour par les DDE existe également. Cependant, en fonction des départements, les informations que l'on y trouve sont variées. Les différents types d'informations qu'il contient ne peuvent souvent pas être recouper avec des niveaux sonores.

Une base de données statistique existe également : GEOKIT. Elle est gérée par la DRE. Cette base de donnée ne détient cependant que des informations concernant les densités de population à l'échelle de la commune. Son exploitation est donc limitée pour le problème qui nous intéresse.

– Estimation de l'impact sur la population d'un projet futur

Différents moyens sont actuellement utilisés afin de connaître la population concernée par le bruit d'une infrastructure donnée.

Un rapport sur les PNB de la région lyonnaise, réalisé par Bernard Miège, utilise ainsi des images rasters (photographies aériennes géoréférencées) afin de connaître la population touchée.

Une autre méthode a été mise au point par la DREIF et le GEIT pour l'étude des protections phoniques et l'évaluation de l'impact sonore sur la population en région



parisienne. Le rapport de M. Gauran [7] que nous avons précédemment cité l'expose. Cette méthode se base sur :

- ✓ la Banque de Données topo de l'IGN
- ✓ le classement sonore des voies
- ✓ le fichier DREIF des protections phoniques existantes en région parisienne
- ✓ DENSIMOS: répartition de la population par îlot faite par l'IAURIF à partir des données INSEE pour la région parisienne seulement
- ✓ Mithra
- ✓ Autocad
- ✓ Mapinfo
- ✓ Excel
- ✓ programmes spécifiques développé par le GEIT

Pour la province, il n'existe malheureusement pas de cartes topographiques permettant de trouver rapidement les niveaux en façade des habitations, c'est à dire permettant d'obtenir une relation : population - niveau d'exposition.

Le seul outil disponible est la BD carto (national) mais il ne donne que des indications très grossières concernant des densités de populations par îlots de taille beaucoup trop importante. Pour que ces données soient intéressantes, il faudrait que l'on se situe à l'échelle du quartier, non de la commune.

– Méthode d'évaluation de l'impact sur la population préconisée dans le rapport suisse

En ce qui concerne le rapport suisse, l'évaluation de la population se fait à l'aide d'un système d'informations géographiques. La situation topographique des tronçons a été déterminée à l'aide d'un procédé photoparamétrique appliqué à des prises de vues aériennes. La banque de données est régulièrement remise à jour.

V.2. Fiabilité des renseignements

La plupart des renseignements accessibles nous permettant de calculer un Coût Efficacité proviennent des études acoustiques, des simulations, effectuées avant travaux.

La fiabilité des résultats dépend donc fortement de la qualité des études qui ont été réalisées. Nous avons toutefois remarqué qu'elle peut parfois être remise en question (mauvaise estimation de la prévision du trafic, etc.).

D'autres problèmes doivent être également signalés :

Il est souvent très difficile d'associer de manière précise un niveau sonore à un nombre d'habitations. Des approximations doivent être faites. Il faudrait pouvoir évaluer l'incertitude qui leur est associée. Cependant elle est pour chaque site différente. En fonction des situations, il sera ainsi plus précis de considérer un gain moyen pour l'ensemble des habitations concernées qu'un gain par pas de 5 dB(A). (C'est le cas lorsque peu d'habitations



subissent le bruit notamment). De plus, lorsque des mesures sur le terrain ne sont pas disponibles, il n'est pas facile de connaître l'erreur que l'on fait exactement en évaluant le niveau de telle habitation par rapport à telle autre.

Il est nécessaire de déterminer une méthodologie de calcul pour le Coût Efficacité si l'on souhaite comparer différentes opérations. Lorsque l'on décide de considérer l'ensemble des habitations bénéficiant de la protection de l'écran, en pondérant toutefois le gain en fonction du niveau sonore initial, il faut être sûr que, pour tous les sites, la zone autour de la voie considérée est la plus juste possible. Or définir une limite dans l'absolu ne semble pas très judicieux. En fonction de la topologie de la voie, de son niveau sonore, des conditions climatiques, éventuellement des caractéristiques du bruit (basses fréquences des poids lourds), la distance à la voie à prendre en considération varie. Les situations semblent donc être à traiter au cas par cas.



VI. Synthèse des résultats

Nous avons ainsi vu qu'il existait différentes données permettant d'établir le Coût Efficacité de moyens de protection mis en place.

Etablir de manière précise ce Coût Efficacité s'est toutefois révélé difficile. Des limites concernant l'exactitude des renseignements utilisés doivent être apportées. Un ordre de grandeur pour chaque réalisation peut cependant être donné.

A partir des différentes opérations étudiées, des fourchettes de Coût Efficacité peuvent être proposées :

- **Pour un isolement de façade, le coût efficacité est compris entre 1 200 F/(dB×logements protégés) et 8 000 F/(dB×logements protégés) TTC**
- **Pour un écran acoustique, le coût efficacité est compris entre 5 000 F/(dB×logements protégés) et 31 000 F/(dB×logements protégés) TTC**
- **Pour une couverture**
 - En ne comptabilisant que les logements qui subissaient un niveau sonore $L_{Aeq} \geq 65$ dB(A) et en se basant sur l'objectif de 65 dB(A), le Coût Efficacité peut varier**
 - **de 40 000 F/(dB×logements protégés) à 60 000 F/(dB×logements protégés) TTC pour une semi-couverture.**
 - **de 90 000 F/(dB×logements protégés) à 200 000 F/(dB×logements protégés) TTC pour une couverture lourde.**
 - En prenant en compte l'ensemble des logements protégés et le gain dont ils bénéficient quel que soit le niveau sonore initial, ce Coût Efficacité varie**
 - **de 20 000 F/(dB×logements protégés) à 30 000 F/(dB×logements protégés) TTC voire vraisemblablement 50 000 ou 60 000 F/(dB×logements protégés) TTC dans des situations où la densité de population n'est pas très importante, pour une semi-couverture.**
 - **de 25 000 F/(dB×logements protégés) à 35 000 F/(dB×logements protégés) TTC et pouvant vraisemblablement atteindre 70 000 F/(dB×logements protégés) TTC dans des situations où la densité de population n'est pas très importante, pour une couverture lourde.**



Résumé sous forme de tableau :

		Coût Efficacité en F/(dB×logements protégés) TTC	
		En prenant en compte l'ensemble des logements protégés et le gain dont ils bénéficient quel que soit le niveau sonore initial	En ne comptabilisant que les logements qui subissaient un niveau sonore $L_{Aeq} \geq 65$ dB(A) et en se basant sur l'objectif de 65 dB(A)
Isolement de façade		entre 1 000 et 8 000 F/(dB×logmt)	
Ecran acoustique		entre 5 000 et 28 000 F/(dB×logmt)	
Couverture	Semi-couverture	de 20 000 à 30 000 F/(dB×logmt) voire vraisemblablement 50 000 ou 60 000 F/(dB×logmt) dans des situations où la densité de population n'est pas très importante	de 40 000 à 60 000 F/(dB×logmt)
	Couverture totale	de 25 000 à 35 000 F/(dB×logmt) et atteignant vraisemblablement 70 000 F/(dB×logmt) dans des situations où la densité de population n'est pas très importante	de 90 000 à 200 000 F/(dB×logmt)

Un nombre plus important de réalisations pourrait permettre de modifier quelque peu ces fourchettes mais l'énorme variabilité du Coût Efficacité apparaît déjà. Elle est fonction des moyens de protection choisis mais surtout du site devant être traité. Nous avons pu le constater à travers les exemples proposés.

On constate généralement que le coût du dB évité dans le cadre d'un rattrapage PNB est supérieur à celui évité pour une infrastructure nouvelle ou modification significative de voirie existante.



La définition du Coût Efficacité pour laquelle on choisit d'opter est capitale, notamment dans le cas des couvertures et semi-couvertures qui nécessitent un investissement très important.

Dans l'objectif de définir un Coût Efficacité limite - à partir duquel l'opération est considérée comme non rentable - ou dans le but de hiérarchiser des PNB à traiter, des considérations particulières doivent être prises. Elles concernent :

- ✓ L'importance du niveau sonore initial
- ✓ L'intégration dans l'environnement de la protection acoustique choisie
- ✓ La satisfaction des riverains

Comme nous l'avons déjà signalé dans le chapitre consacré à la définition du Coût Efficacité, le rapport de M. Geffray et le rapport du groupe de travail interdépartemental relatif au bruit des chemins de fer réalisé en suisse pourraient servir de base à la définition d'un indice permettant de prendre en compte ces considérations. Ce n'était pas le but de la présente étude.



Conclusion

La présente étude a ainsi eu pour objectif d'évaluer le coût intrinsèque de différents moyens de protection acoustique us égard à leur efficacité.

Différentes difficultés ont été rencontrées.

Evaluer le coût détaillé des produits ne semble pas réalisable. Par ailleurs, l'intérêt de séparer ce coût produit du coût de la réalisation n'est en fin de compte qu'assez limité.

En ce qui concerne le coût des ouvrages, les niveaux sonores initiaux et finaux en façade des habitations et le nombre de logements protégés, des données existent dans les études acoustiques commandées par les DDE notamment. Cependant, ces valeurs ne sont pas toujours facilement accessibles. Le classement des dossiers et la disponibilité des personnes ayant participé au projet sont déterminants.

L'hétérogénéité des données pouvant être recueillies est un facteur important de faisabilité de l'étude. Elle entraîne la définition du calcul du Coût Efficacité. Afin de garder une cohérence entre tous les résultats, il faut en effet mettre en place une méthodologie de calcul en fonction des valeurs mises à disposition. Il sera ainsi décidé de calculer un coût efficacité "grossier" ou "plus évolué". Ces deux Coûts peuvent de plus évaluer l'efficacité des protections en fonction d'un objectif réglementaire - et donc ne prendre en compte que les personnes soumises à des niveaux dépassant ce seuil - ou bien comptabiliser toutes les personnes bénéficiant d'un gain en dB.

Comme nous pouvions intuitivement le penser, la variabilité du Coût Efficacité est énorme.

Les différents exemples étudiés ont permis de déterminer des fourchettes de ce coût efficacité en fonction des moyens de protection utilisés. Elles vont de la méthode la plus avantageuse : l'isolement de façade (ou bien sûr le merlon qui peut être réalisé à un coût négligeable) à la plus coûteuse : la couverture totale.

Dans cette étude, la solution du contournement n'a pas été traitée.

Outre le moyen de protection choisi, les particularités du site sont un facteur important de variation.

Chaque site doit être considéré comme un cas particulier. Afin de calculer des coûts efficacités de réalisation sur une plus grande échelle, des fiches types pourrait être établies. Elles pourraient prendre en compte des facteurs autres qu'acoustiques comme les aspects sécuritaires, les considérations sociales et urbanistiques, etc.

Durant cette étude, une injustice entre voiries nouvelles et anciennes est apparue.



Dans le cas des voiries nouvelles, la loi impose de tenir compte du problème du bruit. Tout nouveau projet implique une étude d'impact sonore et un niveau sonore à ne pas dépasser a été défini. Dans le cas des voiries anciennes en revanche, aucun cadre n'est vraiment fixé. La pression des associations de riverains, des groupes d'écologistes est alors déterminante. Or, il a souvent été remarqué que ce n'est pas aux endroits les plus critiques que cette pression est la plus forte. Il n'est ainsi pas rare que la pression des associations s'épuise aux abords des voies particulièrement bruyantes. Les riverains sont en effet fatigués de revendiquer des droits et de réaliser qu'on ne les écoute pas. Ils finissent donc donc par vivre avec le bruit, condamnent certaines pièces du côté le plus exposé (pièces qui deviennent des débarras, etc.) et s'installent dans l'autre partie de leur logement.

Toutefois la politique en la matière évolue puisqu'on semble actuellement vouloir mettre l'accent sur les PNB.

Strasbourg, le 15 novembre 1999

Le Chef du Groupe "Acoustique",

B. DULAU

Vu et présenté par

P/ le Directeur ex p.d.
et le Suppléant
Y. GUILLARD



Table des illustrations

<i>Figure 1 : Détermination des zones d'influence météorologique</i>	17
<i>Figure 2 : Histogramme de coût/m² d'écrans</i>	24
<i>Figure 3 : Modélisation du plan de l'écran de Custines</i>	41
<i>Figure 4 : Bron Parilly - Plan du site modélisé</i>	50
<i>Figure 5 : Site de Bron Parilly, échangeur entre le Boulevard Périphérique (RN 383) et l'A3 au niveau de l'immeuble UC1</i>	50
<i>Figure 6 : Bron Prailly, Boulevard Périphérique (RN 383), ouvrage de franchissement de la RD 506</i>	51
<i>Figure 7 : Bron Parilly - Plan des écrans prévus</i>	51
<i>Figure 8 : Niveaux sonores des habitations considérées sur le site de Bar le Duc</i>	62
<i>Figure 9 : A3 Bagnolet - Montreuil</i>	68
<i>Figure 10 : Etude acoustique du site de Bagnolet avec la solution de la semi-couverture</i>	71
<i>Figure 11 : Etude acoustique du site de Montreuil avec la solution de la semi-couverture</i>	71
<i>Figure 12 : Histogramme de Coût Efficacité d'opérations d'isolement de façade et de construction d'écrans acoustiques</i>	79



Bibliographie

- [1] Note d'information N°18 – SETRA – Influence de la couche de roulement de la chaussée sur le bruit du trafic routier – Juin 1993
- [2] LCPC – Division Gestion de l'Entretien des Routes – Section Acoustique Routière et Urbaine - Etude $L_{Amax} \rightarrow L_{Aeq}$ Comparaison entre les L_{Aeq} (1h) mesurés et les L_{Aeq} (1h) calculés – Rapport rédigé par M. Bérengier et M. Pichaud – Janvier 1999
- [3] CETE de l'Est – LRPC de Strasbourg - Base de données « bruit de roulement » - Pérennité des revêtements – S. Doisy
- [4] Revue générale des Routes et Aéroports n° 672, mars 1990
- [5] J. Lambert – INRETS - Choix de protection acoustique aux abords des voies rapides urbaines - Bulletin Recherche-Transports n°19, Juillet 1977
- [6] CETUR - Guide du bruit des transports terrestres
- [7] J. Gauran – Evaluation de l'impact sonore sur la population – DRE Ile de France, novembre 1998
- [8] CETE de l'Est – LRPC de Strasbourg – Mise en place d'un outil de hiérarchisation des Points Noirs Bruits – Vincent Geffray – Juillet 1998
- [9] Rapport du groupe de travail interdépartemental « Bruit des chemins de fer » - Protection contre le bruit des installations ferroviaires - Berne, 28 juin 1996
- [10] Journal of sound and Vibration (1996) - Rail noise control in Switzerland : legislation, environment, politics and finances - J. Oertli and D. Wassmer
- [11] Cahier du CSTB - cahier 2698, décembre 1993 - Acoustique des routes Dossier de réalisation - Pierre Nadeau et Michelle Coutaz
- [12] Cahier du CSTB - cahier 2575, avril 1992 - Bilan technico-économique d'opérations d'insonorisation d'immeubles existants - Paul de Tricaud
- [13] Bilan socio-économique et environnemental – 1^{ère} phase, A 43 - A430 – RN 90, Montélian- Albertville –Moutier, Dossier environnement AREA – DDE de la Savoie.
- [14] Bilan Socio-économie Environnement – Autoroute A 49 Grenoble – Valence - Phase après mise en service – Juillet 1996 – CETE de Lyon
- [15] B. Serrou – La protection des riverains contre le bruit des transports terrestres, Avril 1995
- [16] C. Lamure - La résorption des points noirs du bruit routier et ferroviaire – Décembre 1998
- [17] Revue générale des Routes et Aéroports n ° 677, septembre 1990



ANNEXES



Sommaire des annexes

- Annexe 1 Cahier des charges de la présente étude
- Annexe 2 Echelle du bruit
- Annexe 3 Les textes réglementaires relatifs à la limitation du bruit des infrastructures routières et leurs implications techniques - SETRA - M. Besnard
- Annexe 4 Loi n°92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit
- Annexe 5 Décret n°95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le code de l'urbanisme et le code de la construction et de l'habitation
- Annexe 6 Décret n°92-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres.
- Annexe 7 Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières
- Annexe 8 Arrêté du 30 mai 1996 relatif au classement des infrastructures des transports terrestres et isollements acoustiques des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit.
- Annexe 9 Questionnaires envoyés aux maître d'ouvrage
Questionnaires envoyés constructeurs et/ou poseurs d'écrans acoustiques



ANNEXE 1



Centre d'Études
Techniques
de l'Équipement
de l'Est



Laboratoire Régional
des Ponts et Chaussées
de Strasbourg

Accrédité Cofrac Essais
sous le n° 1-0083

Strasbourg, le 4 novembre 1998

PROPOSITION D'ÉTUDE

COÛTS D'ÉVITEMENT DU BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES

CONTEXTE

La faible valeur accordée au bruit dans les calculs coût-avantages de projet d'infrastructures contraste avec la demande de protection des riverains. Ceci justifie de poursuivre l'approche ébauchée par le groupe Boiteux en 1994 et, plus particulièrement, de comparer les valeurs du décibel, *ramenées à la personne gênée*, auxquelles conduisent les différentes approches : méthode hédoniste, méthode contingente, indemnisations prononcées par les Domaines ou les tribunaux, comptabilisation des coûts de mesures telles que pose d'écrans antibruit, couverture de voie, ... afin d'apprécier leur degré de convergence et les causes de différence.

L'OBJET DE LA RECHERCHE

Le groupe PREDIT n° 8 "Monétarisation des effets externes des transports" a mis en place une recherche qu'il a confiée à un groupement INRETS-CEIL, visant à réaliser des mesures *nationales* du coût du bruit per personne gênée, à partir de mesures des niveaux d'exposition *in situ* et d'enquêtes appliquant les techniques *hédonistes* ou *contingentes* sur certains sites. Cependant, cette recherche ne comprend pas l'analyse *des dépenses de mesures de protection* prises à l'occasion de projets ou de traitement de "points noirs".

L'objet de la présente proposition de recherche est d'*évaluer le coût du décibel* évité par personne gênée à partir des mesures prises effectivement sur le terrain pour protéger les riverains soumis au bruit des transports.

Ces mesures sont diverses et sont souvent associées. Il peut s'agir de :

- écrans antibruit,
- déblais-remblais,
- tranchée,
- couverture de voies,
- pose d'enrobés drainants,
- merlons, glissière en béton armé (GBA),
- rachat de maisons, ou compensations,
- isolation de façade, pose de doubles vitrages,
- etc.....



ÉLÉMENTS POUR L'APPROCHE EXPLORATOIRE À ENGAGER

- niveau d'exposition avant-après traitement,
- combien de personnes à protéger/protégées,
- idem en termes de logements ou d'habitations,
- caractéristiques des populations concernées (catégories socioprofessionnelles,...),
- connaissance du trafic : évolution passée et future, date probable d'atteinte des seuils de gêne,
- reconstitution des coûts, hypothèses sur la responsabilité "bruit des transports" dans l'ensemble des coûts de l'opération (distinguer par ex., la couverture de voies de l'aménagement paysager réalisé au-dessus), etc.,....

RÉSULTATS ATTENDUS

1/ inventaire des sites

recenser les sites traités auprès de maîtres d'ouvrages
bilan des informations disponibles : combien de sites renseignés, à reconstituer ?

2/ étude de faisabilité

De quelles informations a-t-on besoin ? quelles procédures d'obtention des chiffres ? effort de reconstitution de données manquantes ou non archivées ? existence d'étude acoustique ? conditions d'accès et collaborations nécessaires ? les difficultés à prévoir ?

3/ application à quelques sites

Application de la méthode à des exemples locaux (Bas-Rhin et Haut-Rhin) ; comparaisons des résultats et analyses critiques.

DÉBOUCHÉS :

- disposer des bases d'une méthode d'évaluation du coût du décibel évité par personne gênée :
 - coût-efficacité d'une mesure de réduction (politique de lutte antibruit),
 - contribution à l'évaluation de mesures environnementales à l'occasion de l'expertise des bilans LOTI,...
- proposition de valeurs du bruit (par personne gênée) révisées plus conformes à la demande sociale,...
- approfondir la rationalité des mesures antibruit, par exemple apporter des éléments de réponse aux questions suivantes : comment allouer efficacement des crédits ? en protégeant 'un peu' un grand nombre de personnes ou en 'protégeant bien' un nombre de personnes plus réduit ?

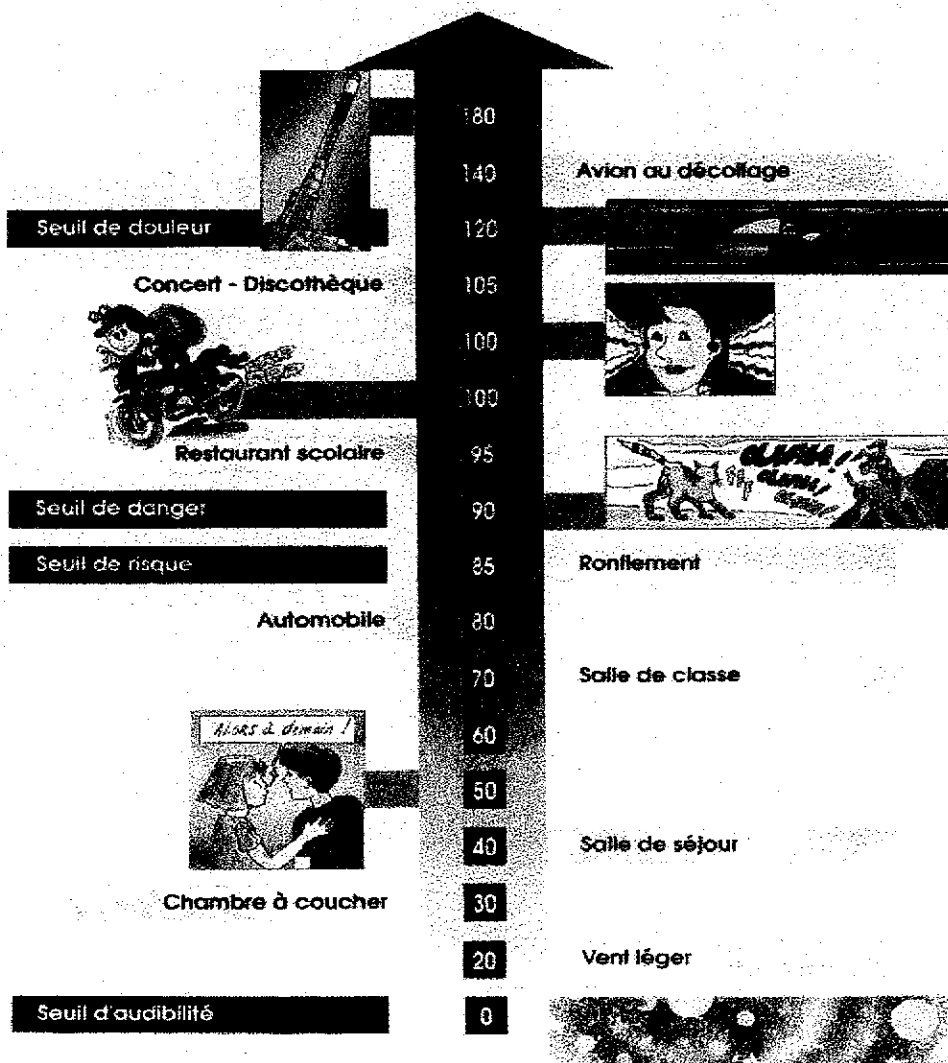
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BETEREM (1979), *Recherche des coûts sociaux implicites accordés aux nuisances acoustiques des voies rapides*. BETEREM, Marseille.
- CETUR-SOFRETU (1994), *Analyse des coûts de déplacements : élaboration d'une méthodologie dans le cadre d'un compte transport de voyageurs*, février 1994.
- GEFFRAY V. (1997), *Mémoire sur la rentabilité acoustique*. Stage au LRPC de Strasbourg.
- NADEAU P., COUTAZ M. (1993), *Acoustique des routes - dossier de réalisations*. Cahiers du CSTB, N° 2698, décembre 1993.



ANNEXE 2

Échelle du bruit





ANNEXE 3

SETRA - F. BESNARD

janvier 1998

LES TEXTES REGLEMENTAIRES RELATIFS A LA LIMITATION DU BRUIT DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ET LEURS IMPLICATIONS TECHNIQUES

La réglementation relative au bruit des infrastructures routières découle de l'article 12 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, et comprend :

- le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres,
- l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières.

La circulaire Equipement (Direction des Routes) - Environnement (Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques) du 12 décembre 1997 précise les modalités d'application de ces textes sur le réseau routier national.

Un arrêté spécifique au bruit des infrastructures ferroviaires est également en préparation.

La présente note expose les principales dispositions réglementaires ainsi que leurs conséquences techniques sur l'étude des projets routiers.

1. Le principe général

Le principe général de la réglementation peut être résumé comme suit :

En cas de construction d'une route nouvelle ou de modification significative d'une route existante, sa contribution sonore en façade des bâtiments riverains antérieurs à l'aménagement ne doit pas dépasser, pour chacune des deux périodes diurne et nocturne, des seuils déterminés.

Il y a obligation de résultat pour le maître d'ouvrage : il doit assurer une protection respectant la réglementation et ne peut donc s'en dégager en versant une indemnité aux riverains.

2. Les infrastructures concernées

En premier lieu, il convient de rappeler que la loi ne fait pas de distinction en ce qui concerne la domanialité. Tous les maîtres d'ouvrage gestionnaires d'un réseau routier sont donc concernés. Les textes s'appliquent (article 1er du décret) :

- à toutes les routes nouvelles,
- à toutes les modifications ou transformations significatives de routes existantes.

Une modification ou transformation est considérée comme significative (article 2 du décret) si elle résulte de travaux et si elle engendre, à terme, une augmentation de plus de 2 dB(A) de la contribution sonore de la route, par rapport à ce que serait cette



contribution à terme en l'absence de la transformation. Il suffit que cette condition soit vérifiée pour l'une des deux périodes diurne et nocturne. Pour la contrôler, il faut donc évaluer la situation future de la route dans l'hypothèse où la transformation projetée ne se ferait pas.

Sont exclus de cette définition les travaux de renforcement de chaussées, les travaux d'entretien, les aménagements ponctuels, et les aménagements de carrefours non dénivelés (article 3 du décret).

Enfin, ne sont concernées que les routes dont l'acte décidant l'ouverture d'une enquête publique (enquête d'utilité publique ou enquête réalisée en application du décret du 23 avril 1985), ou l'acte prorogeant les effets d'une D.U.P., est postérieur au 10 novembre 1995, ou, en l'absence d'enquête publique, les aménagements dont le début des travaux est postérieur à cette date (article 10 du décret 95-22).

3. Les bâtiments concernés, le principe d'antériorité

L'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 précise les bâtiments concernés par la réglementation en fonction de leur usage et de leur environnement sonore :

- établissements de santé, de soins et d'action sociale ;
- établissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs) ;
- logements ;
- locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée.

Le maître d'ouvrage de la route n'est tenu de protéger que les bâtiments « antérieurs » à la route nouvelle ou à la modification. L'antériorité est définie de façon très précise dans l'article 9 du décret :

- ♦ Pour l'infrastructure, la référence est celle des mesures suivantes intervenue la première :
 - publication de l'acte décidant de l'ouverture d'une enquête publique (enquête d'utilité publique ou réalisée en application du décret du 23 avril 1985),
 - décision instituant un projet d'intérêt général (PIG), si celle-ci prévoit les emplacements réservés dans les documents d'urbanisme opposables,
 - inscription du projet en emplacement réservé dans un P.O.S. ou un P.A.Z.,
 - mise en service,
 - classement de la route en application de l'article 13 de la loi.

- ♦ Pour les bâtiments, la référence est la date de l'autorisation de la construction.

Cette définition est en complète cohérence avec le décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres, qui prévoit, dès cette "existence administrative", le classement de l'infrastructure par le Préfet en fonction du bruit qu'elle peut causer, la définition de secteurs de nuisance potentielle, et l'obligation pour les nouvelles constructions de se protéger.

A noter qu'il n'est pas fait référence dans la réglementation à la date d'acquisition d'un bien par un riverain. Contrairement à la pratique antérieure, selon laquelle la mutation à titre onéreux d'un bâtiment annulait l'antériorité, le décret ne prend en considération pour l'application du droit à protection acoustique que la date de l'autorisation de construction :



le droit à bénéficier d'une protection acoustique est attaché au bâtiment, et non au propriétaire.

Ceci n'a en revanche aucune incidence sur la jurisprudence en matière indemnitaire, qui procède d'une logique différente. En cette matière, la mutation à titre onéreux d'un bâtiment fait obstacle à la demande du nouveau propriétaire tendant à l'obtention d'une indemnité pour dommage de travaux publics : on considère en effet qu'il a acquis le bien en connaissance de cause des nuisances (cf. le paragraphe 1.4 de la circulaire du 12 décembre 1997).

Pour ce qui concerne le réseau routier national, dans les cas où la D.U.P. de l'aménagement projeté est antérieure à 1978, la circulaire (paragraphe 2.3 de l'annexe) demande de ne pas opposer le critère d'antériorité aux bâtiments construits entre la D.U.P. et 1978, date à laquelle sont apparues les premières instructions relatives à la prise en compte du bruit extérieur lors de la construction de bâtiments nouveaux.

Lorsqu'un projet a déjà fait l'objet d'une des mesures mentionnées plus haut (mise à enquête publique, décision de FIG, etc.); et qu'une nouvelle mesure intervient (seconde enquête publique, etc.) qui modifie le projet par rapport à la mesure initiale, laquelle prendre en compte pour l'application du critère d'antériorité ? La circulaire du 12 décembre 1997 considère que :

- si la nouvelle mesure ne remet pas en cause la configuration de l'infrastructure, du point de vue acoustique, prévue dans la première mesure, c'est la mesure initiale qui compte ;
- en revanche, si la nouvelle mesure remet en cause la configuration prévue du point de vue acoustique, c'est la date de la nouvelle mesure qui doit être prise en compte.

4. Les indicateurs du niveau de bruit

Les indicateurs utilisés sont les niveaux sonores équivalents L_{Aeq} (6 h - 22 h) pour la période de jour et L_{Aeq} (22 h - 6 h) pour la période de nuit, correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure en façade des bâtiments (article 1 de l'arrêté). N'est donc pris en compte ici que le bruit causé par l'infrastructure elle-même, indépendamment de toutes les autres sources pouvant exister sur le site (autres infrastructures de transport, activités, etc.). Ces niveaux doivent être évalués avec des conditions de circulation représentatives d'un jour moyen de l'année¹ (article 6 de l'arrêté).

On notera, par comparaison avec la pratique antérieure, que l'évaluation d'un niveau sonore en période nocturne est maintenant systématique, et que les deux périodes recouvrent la totalité de la journée. Selon la situation, le seuil réglementaire le plus contraignant, qui guidera le dimensionnement des éventuelles protections acoustiques, sera tantôt celui de la période diurne, tantôt celui de la période nocturne. Il convient cependant de garder à l'esprit que dans les documents publics, le maître d'ouvrage devra justifier qu'il a bien étudié les deux périodes et qu'il respecte bien les deux seuils réglementaires.

Pour évaluer les niveaux sonores nocturnes, l'acousticien aura besoin d'hypothèses de trafic spécifiques à cette période. Des formules d'estimation selon la fonction de la route sont en cours d'élaboration par les services techniques centraux (SETRA, CERTU).

¹ Ceci n'interdit évidemment pas à un maître d'ouvrage, en cas par exemple de forte pointe saisonnière, de prendre en compte un trafic plus élevé pour une meilleure protection des riverains.



5. Les seuils pour les routes nouvelles

Ils sont fixés dans l'article 2 de l'arrêté du 5 mai 1995 :

Usage et nature des locaux	L_{Aeq} (6 h - 22 h)	L_{Aeq} (22 h - 6 h)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale :		
- salles de soins et salles réservées au séjour des malades	57 dB(A)	55 dB(A)
- autres locaux	60 dB(A)	55 dB(A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	60 dB(A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB(A)	55 dB(A)
Autres logements	65 dB(A)	60 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB(A)	

Une zone est considérée d'ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant avant la construction de la voirie nouvelle à deux mètres en avant des façades des bâtiments est tel que L_{Aeq} (6 h - 22 h) est inférieur à 65 dB(A) et L_{Aeq} (22 h - 6 h) est inférieur à 60 dB(A). Cette notion est développée au chapitre 6 ci-après.

Si une zone respecte le critère d'ambiance sonore modérée uniquement pour la période nocturne, c'est le seuil de 55 dB(A) qui s'applique aux logements pour cette période.

Un point important mérite d'être souligné : il n'y a pas de limite temporelle pour le respect des seuils. Ceci signifie que pour toute construction antérieure à une voirie nouvelle, les seuils devront être respectés à la mise en service mais aussi 10, 20 ou 30 ans plus tard. Ceci peut d'ailleurs conduire les maîtres d'ouvrages à adopter une stratégie de mise en place des protections acoustiques adaptée à chaque situation, avec par exemple un phasage ou une prise de risque différente sur les incertitudes liées aux prévisions de trafic ou aux niveaux sonores.

Pour le réseau national, la circulaire du 12 décembre 1997 (paragraphe 4 de l'annexe) demande d'évaluer les niveaux sonores prévisionnels à un horizon de vingt ans après la mise en service. Il faut cependant bien garder à l'esprit que les hypothèses de trafic prises en compte dans les études prévisionnelles de bruit ne sont pas contractuelles : seul importe le respect des seuils réglementaires. Il pourra donc s'avérer nécessaire de s'assurer périodiquement que ceux-ci ne sont pas dépassés.

6. La notion de zone d'ambiance sonore modérée

Cette notion est largement développée dans le paragraphe 5.2 de l'annexe à la circulaire du 12 décembre 1997. Elle est basée sur l'évaluation des niveaux de bruit ambiants L_{Aeq} (6 h - 22 h) et L_{Aeq} (22 h - 6 h) toutes sources confondues, existant avant la réalisation de l'aménagement projeté (construction d'une route nouvelle ou modification significative).



Ces niveaux ambiants correspondent à la configuration du site à la date de l'étude, et intègrent donc l'existence éventuelle de protections acoustiques en bordure d'une route dont la modification serait envisagée.

La vérification du critère de zone d'ambiance sonore modérée doit se faire en général par mesure. Si d'évidence le site est d'ambiance sonore modérée, aucune vérification *in situ* n'est nécessaire, puisque ce point ne sera pas sujet à controverse.

Afin de ne pas conduire à un traitement différent façade par façade, la circulaire préconise d'évaluer ce critère pour une zone homogène du point de vue de l'occupation du sol (type de bâti et activités exercées) : zone résidentielle, zone mixte (résidentielle + commerces), maisons individuelles, habitat collectif, etc. Elle admet cependant une exception pour le cas de bâtiments de grande longueur parallèles à une route existante, où les niveaux sonores peuvent être beaucoup plus faibles sur la façade arrière que sur la façade exposée.

7. Les seuils pour les modifications d'infrastructure

L'article 3 de l'arrêté considère deux cas :

- si la contribution de la route avant travaux est inférieure au seuil applicable à une route nouvelle, l'objectif sera fixé à cette valeur ;
- dans le cas contraire, l'objectif sera de ne pas augmenter la contribution sonore initiale de la route, sans pouvoir dépasser 65 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit.

On peut observer que les seuils applicables lorsque la route est initialement très bruyante sont bien cohérents avec les objectifs visés dans les opérations de rattrapage des "points noirs bruit" : à l'occasion d'une modification significative, le "rattrapage" est systématique dès lors que les constructions riveraines subissent à l'origine des niveaux sonores dépassant 65 dB(A) de jour ou 60 dB(A) de nuit.

La définition de l'objectif dans le cas d'une transformation conduit pour les logements à « croiser » la contribution sonore initiale de la route et le critère d'ambiance sonore modérée apprécié sur la zone. Pour réaliser cet exercice, il faut donc successivement :

1. Qualifier l'ambiance sonore préexistante de la zone (est-elle ou non modérée ?).
2. En déduire le seuil qui serait applicable à une route nouvelle.
3. Vérifier si la contribution sonore initiale de la route à transformer respecte ou non le seuil applicable à une route nouvelle.
4. En déduire le seuil réglementaire applicable pour la transformation, selon la règle énoncée plus haut.

Le calcul doit être réalisé séparément pour chacune des deux périodes diurne et nocturne.

Cette démarche peut se résumer dans les tableaux ci-dessous. Définissons ainsi les trois types de zone :

Bruit ambiant initial		Type de zone
de jour	de nuit	
< 65 dB(A)	< 60 dB(A)	ambiance sonore modérée
≥ 65 dB(A)	< 60 dB(A)	ambiance sonore modérée de nuit
< 65 dB(A)	≥ 60 dB(A)	ambiance sonore non modérée
≥ 65 dB(A)	≥ 60 dB(A)	



Pour les logements, le seuil réglementaire de jour est alors déduit au moyen du tableau suivant :

Ambiance sonore préexistante	Seuil appliqué aux routes nouvelles	Contribution sonore initiale de l'infrastructure	Le seuil pour les routes nouvelles est-il respecté dans l'état initial ?	Seuil réglementaire applicable pour la transformation
modérée	60 dB(A)	≤ 60 dB(A)	oui	60 dB(A)
		> 60 dB(A)	non	contribution initiale plafonnée à 65 dB(A)
modérée de nuit ou non modérée	65 dB(A)	≤ 65 dB(A)	oui	65 dB(A)
		> 65 dB(A)	non	

Toujours pour les logements, la même démarche appliquée à la période nocturne donne :

Ambiance sonore préexistante	Seuil appliqué aux routes nouvelles	Contribution sonore initiale de l'infrastructure	Le seuil pour les routes nouvelles est-il respecté dans l'état initial ?	Seuil réglementaire applicable pour la transformation
modérée ou modérée de nuit	55 dB(A)	≤ 55 dB(A)	oui	55 dB(A)
		> 55 dB(A)	non	contribution initiale plafonnée à 60 dB(A)
non modérée	60 dB(A)	≤ 60 dB(A)	oui	60 dB(A)
		> 60 dB(A)	non	

Lorsque le seuil réglementaire est fixé égal à la contribution initiale de l'infrastructure, ceci pourrait conduire à adopter un objectif différent pour deux logements pourtant proches l'un de l'autre, du seul fait que la contribution initiale de la route y serait différente. Dans un tel cas, la circulaire du 12 décembre 1997 (paragraphe 6.2 de l'annexe) préconise d'adopter un objectif acoustique unique et homogène sur l'ensemble de la zone.

8. Le bruit des chantiers

Le maître d'ouvrage doit élaborer un dossier décrivant les impacts sonores attendus du chantier ainsi que les mesures prises pour les limiter, et le fournir au préfet et aux maires des communes concernées par le projet au moins un mois avant le démarrage du chantier (article 8 du décret).

Au vu du dossier, le préfet peut, après avis des maires et du maître d'ouvrage, prescrire des mesures particulières de fonctionnement du chantier (horaires, limitation d'accès).

Ce volet ne doit pas être perdu de vue par les maîtres d'ouvrage car, d'une part, la fourniture du dossier est de leur responsabilité et non de celle de l'entreprise chargée des travaux et, d'autre part, il peut avoir des conséquences importantes sur les chantiers en terme de coûts et de délais.



9. Les méthodes de prévision

Pour les bâtiments situés à plus de 250 m de la route, le modèle de prévision doit prendre en compte les aspects météorologiques liés au vent et à la température, qui peuvent conduire à un accroissement du niveau de bruit par rapport à une situation en conditions d'atmosphère homogène (rayons sonores rectilignes). En tout état de cause, le résultat final ne peut être inférieur au niveau sonore calculé en atmosphère homogène.

Cette disposition a conduit à développer une nouvelle méthode de prévision, dite « NMPB - Routes - 96 », dont le Directeur des Routes a demandé l'utilisation systématique pour les études relatives au réseau routier national (paragraphe 1.6 de la circulaire du 12 décembre 1997).

10. Les éléments à mentionner dans le dossier d'étude d'impact

Le dossier d'étude d'impact doit mentionner les hypothèses de trafic, les méthodes prévisionnelles utilisées, et les principes des mesures de protection envisagées (article 7 du décret).

Ces exigences sont conformes aux textes relatifs aux études d'impact (décret n° 93-245 du 25 février 1993 et circulaire Environnement du 27 septembre 1993), qui recherchent notamment une plus grande transparence des dossiers. Dans cet esprit, bien que les incertitudes quant à la définition du projet permettent rarement au stade de l'enquête publique de s'engager sur un dimensionnement précis des dispositifs de protection acoustique, le décret considère que le maître d'ouvrage doit y fournir un minimum d'information sur le type d'ouvrage prévu (protection à la source de type écran, couverture, renforcement de l'isolement des façades, solution mixte, etc.) et leurs modalités de réalisation, notamment en ce qui concerne un éventuel aménagement progressif.

Pour ce qui est des hypothèses de trafic, il est important de bien préciser dans les documents de l'enquête publique qu'il s'agit de prévisions à long terme, et non des débits attendus à la mise en service, et qu'une forte augmentation du trafic dans les premières années de fonctionnement ne sera pas synonyme de dépassement des seuils réglementaires. En tout état de cause, ce seront les niveaux sonores constatés, et non les trafics, qui feront foi en cas de plainte.

11. Le mode de protection

Dans le cas général, le respect des seuils doit être obtenu par un traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats (article 5 du décret). Cette action à la source peut cependant être complétée ou remplacée par une isolation acoustique des bâtiments dans trois cas :

- si l'action à la source s'avère incompatible avec les impératifs techniques ;
- si elle ne permet pas une insertion satisfaisante dans l'environnement ;
- ou si le coût des travaux n'est pas raisonnable.

Lorsque les isolements de façade doivent être renforcés, le calcul se fait en adoptant comme "isolement courant" la valeur de 25 dB(A) (article 4 de l'arrêté). Le surcroît



d'isolement à apporter à cette valeur est la différence entre le niveau de bruit prévu en façade et le seuil réglementaire.

Exemple : si le niveau sonore prévu est 67 dB(A) et l'objectif réglementaire est 60 dB(A), l'isolement minimum à mettre en oeuvre est de $25 + (67 - 60) = 32$ dB(A). Si l'isolement actuel de la façade est au moins égal à cette valeur, le maître d'ouvrage de la route n'est pas tenu d'intervenir.

Lorsqu'on intervient réellement sur la façade, l'isolement apporté ne peut être inférieur à 30 dB(A), et les exigences de confort thermique d'été doivent être prises en compte (article 4 de l'arrêté).

Sur le réseau routier national, la circulaire du 12 décembre 1997 (paragraphe 9 de l'annexe) demande, dans les cas où un traitement à la source ne peut suffire à lui seul à assurer la protection nécessaire, que soit recherchée une solution de type mixte (protection à la source + isolement de façade) dont le dispositif à la source soit dimensionné afin d'assurer le respect des niveaux réglementaires pour les espaces au sol proches des bâtiments. Cette mesure permet en effet de préserver l'utilisation des espaces extérieurs attenants aux habitations (jardins privés, espaces publics en zone d'habitat collectif, etc.).

La circulaire affiche une position prudente vis-à-vis de l'utilisation de revêtements de chaussée dits « peu bruyants ». Tout en mentionnant les nombreux travaux en cours, elle demande, lorsqu'on les utilise comme éléments de protection contribuant au respect des seuils réglementaires, de se baser sur des performances avérées et durables. En effet, les connaissances actuelles ne permettent pas pour l'instant de garantir la pérennité des qualités acoustiques de ces revêtements.

Pour la rédaction des appels d'offres relatifs aux écrans, la circulaire renvoie à la future recommandation technique du CERTU. Elle précise toutefois que les écrans non plans ne peuvent être retenus dans les appels d'offres pour leurs qualités absorbantes, faute de disposer d'un code de mesure normalisé de ces performances.

12. Les mesures de contrôle

L'article 5 de l'arrêté spécifie les méthodes à utiliser :

- pour mesurer la contribution sonore de la route en façade des bâtiments, la norme NFS 31-085 ;
- pour le contrôle des isolements de façade, la norme NFS 31-057.

Il convient de souligner que contrairement à une idée reçue, la réglementation n'impose pas au maître d'ouvrage routier de contrôler les niveaux sonores après la mise en service : s'il a bien une obligation de résultat, il n'est pas tenu d'apporter la preuve de ce résultat, et peut très bien demander à un éventuel plaignant d'apporter lui-même un procès-verbal de mesure justificatif, réalisé conformément aux normes citées plus haut.

Il est cependant évident qu'en réponse à la demande du public, la pratique de contrôle du respect des objectifs après mise en service ne peut que se développer. Pour le réseau routier national, la circulaire du 12 décembre 1997 (chapitre 1.5) demande d'opérer systématiquement un tel contrôle, avec pour objectif « d'offrir une garantie suffisante du



respect des niveaux sonores réglementaires »¹ (paragraphe 11 de l'annexe à la circulaire). Cette disposition participe à la démarche des bilans environnementaux définie dans la circulaire du 11 mars 1996 relative à la prise en compte de l'environnement et du paysage dans les projets routiers.

¹ Il ne s'agit pas de vérifier les niveaux sonores devant chaque façade, mais uniquement aux points jugés les plus significatifs.



ANNEXE 4

LOI N° 92-1444
DU 31 DECEMBRE 1992
relative à la lutte contre le bruit
NOR : ENV X 92 00186 L
(JO du 1er janvier 1993)

(EXTRAITS : INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS TERRESTRES)

L'Assemblée nationale et le Sénat ont adopté,
Le Président de la République promulgue la loi dont la
teneur suit :

Article premier. - Les dispositions de la présente loi ont
pour objet, dans les domaines où il n'y est pas pourvu, de
prévenir, supprimer ou limiter l'émission ou la
propagation sans nécessité ou par manque de précautions
des bruits ou des vibrations de nature à présenter des
dangers, à causer un trouble excessif aux personnes, à
nuire à leur santé ou à porter atteinte à l'environnement.

...

TITRE II

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORTS, URBANISME ET CONSTRUCTION

Art. 12. - La conception, l'étude et la réalisation des
aménagement et des infrastructures de transports
terrestres prennent en compte les nuisances sonores que la
réalisation ou l'utilisation de ces aménagements et
infrastructures provoquent à leurs abords.

Des décrets en Conseil d'Etat précisent les prescriptions
applicables :

- aux infrastructures nouvelles ;
- aux modifications ou transformations significatives
d'infrastructures existantes ;
- aux transports guidés et, en particulier, aux
infrastructures destinées à accueillir les trains à grande
vitesse ;
- aux chantiers.

Le dossier de demande d'autorisation des travaux relatifs à
ces aménagements et infrastructures, soumis à enquête
publique, comporte les mesures envisagées pour
supprimer ou réduire les conséquences dommageables des
nuisances sonores.

Art. 13. - Dans chaque département, le préfet recense et
classe les infrastructures de transports terrestres en
fonction de leurs caractéristiques sonores et du trafic. Sur
la base de ce classement, il détermine, après consultation
des communes, les secteurs situés au voisinage de ces
infrastructures qui sont affectés par le bruit, les niveaux de
nuisances sonores à prendre en compte pour la

construction de bâtiments et les prescriptions techniques
de nature à les réduire.

Les secteurs ainsi déterminés et les prescriptions relatives
aux caractéristiques acoustiques qui s'y appliquent sont
reportés dans les plans d'occupation des sols des
communes concernées.

Un décret en Conseil d'Etat précise les modalités
d'application du présent article, et notamment les
conditions de l'information des constructeurs et du
classement des infrastructures en fonction du bruit.

Art. 14. - Voir les articles L.111-11, L.111-11¹ et L.111-
11-2 du Code de la construction et de l'habitation.

TITRE III

PROTECTION DES RIVERAINS DES GRANDES INFRASTRUCTURES

CHAPITRE PREMIER

Bruit des transports terrestres

Art. 15. - Dans un délai d'un an à compter de la
publication de la présente loi, le Gouvernement présentera
au Parlement un rapport établissant l'état des nuisances
sonores résultant du transport routier et ferroviaire et les
conditions de leur réduction.

Ce rapport comportera une évaluation des travaux
nécessaires à la résorption des points noirs et à la
réduction de ces nuisances à un niveau sonore diurne
moyen inférieur à soixante décibels. Il présentera, en
outre, les différents modes de financement envisageables
pour permettre la réalisation de ces travaux dans un délai
de dix ans.

...



ANNEXE 5

Décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le code de l'urbanisme et le code de la construction et de l'habitation

NOR : ENV9420064D

Le Premier ministre,

Sur le rapport du ministre de l'environnement,
Vu le code de la construction et de l'habitation ;
Vu le code de l'urbanisme ;
Vu le code de l'expropriation pour cause d'utilité publique ;
Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, notamment l'article 13 ;

Vu le décret n° 85-453 du 23 avril 1985 modifié portant application de la loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement ;

Vu le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres ;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

Art. 1er. - Font l'objet d'un recensement et d'un classement, en application de l'article 13 de la loi du 31 décembre 1992 susvisée, les infrastructures de transports terrestres définies à l'article 2 ci-après, qui existent à la date de leur recensement ou qui, à cette date, ont donné lieu à l'une des mesures suivantes :

1° Publication de l'acte décidant l'ouverture d'une enquête publique portant sur le projet d'infrastructure, en application de l'article L. 11-1 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique ou du décret du 23 avril 1985 susvisé ;

2° Mise à disposition du public de la décision ou de la délibération arrêtant le principe et les conditions de réalisation d'un projet d'infrastructure, au sens du σ du 2° de l'article R. 121-13 du code de l'urbanisme, dès lors que cette décision, ou cette délibération, prévoit les emplacements qui doivent être réservés dans les documents d'urbanisme opposables ;

3° Inscription de l'infrastructure en emplacement réservé dans un plan d'occupation des sols, un plan d'aménagement de zone, ou un plan de sauvegarde et de mise en valeur opposable.

Les mêmes dispositions s'appliquent aux modifications ou transformations significatives d'une infrastructure, au sens du décret du 9 janvier 1995 susvisé.

Art. 2. - Le recensement et le classement des infrastructures de transports terrestres portent sur les voies routières dont le trafic journalier moyen annuel existant, ou prévu dans l'étude ou la notice d'impact, est supérieur à 5 000 véhicules par jour, les lignes ferroviaires interurbaines assurant un trafic journalier moyen supérieur à cinquante trains ainsi que les lignes en site propre de transports en commun et les lignes ferroviaires urbaines, dont le trafic journalier moyen est supérieur à cent autobus ou trains.

Art. 3. - Un arrêté conjoint des ministres chargés respectivement des routes, des transports, de l'environnement et de la construction détermine, en fonction de niveaux sonores de référence diurnes et nocturnes, cinq catégories dans lesquelles sont classées les infrastructures de transports terrestres ainsi que la largeur maximale correspondante des secteurs affectés par le

bruit, situés au voisinage de l'infrastructure, sans que cette largeur puisse excéder 300 mètres de part et d'autre de celle-ci.

Les niveaux sonores mentionnés ci-dessus sont les niveaux sonores équivalents pondérés A engendrés par l'infrastructure de transports terrestres.

Art. 4. - Quand l'infrastructure de transports terrestres est en service, le niveau sonore évalué à partir du trafic peut servir de base pour le classement de l'infrastructure si la croissance prévisible ou possible du trafic ne peut conduire à modifier ce niveau de plus de 3 dB (A).

Dans le cas contraire, ainsi que pour les infrastructures nouvelles, le niveau sonore est calculé.

La méthode de calcul des niveaux sonores prévisionnels tient compte des paramètres qui peuvent influencer sur ces niveaux sonores, et au moins :

1° Pour les infrastructures routières : le rôle de la voie, le nombre de files, le trafic prévu et, le cas échéant, l'existence de rampe, le pourcentage de poids lourds, la vitesse maximale autorisée ;

2° Pour les infrastructures ferroviaires : le nombre de trains, la vitesse commerciale et le type de matériel.

Un arrêté conjoint des ministres chargés respectivement des routes, des transports, de l'environnement et de la construction fixe en tant que de besoin les modalités de mesure des niveaux sonores, les modalités d'agrément des méthodes de mesure *in situ* ainsi que les prescriptions que doivent respecter les méthodes de calcul prévisionnelles et les logiciels de calcul utilisés pour évaluer les niveaux sonores.

Art. 5. - Le préfet procède au recensement des infrastructures terrestres mentionnées aux articles 1er et 2, situées dans son département et prend un arrêté les classant dans les catégories prévues par l'arrêté interministériel mentionné à l'article 3.

Sur la base de ce classement, il détermine, par arrêté :

1° Les secteurs affectés par le bruit situés au voisinage des infrastructures recensées ;

2° Les niveaux sonores que les constructeurs sont tenus de prendre en compte pour la construction des bâtiments inclus dans ces secteurs ;

3° Les isollements acoustiques de façade requis en application de l'arrêté prévu à l'article 7.

L'arrêté du préfet mentionné au précédent alinéa est préalablement transmis, pour avis, aux communes concernées par les secteurs affectés par le bruit situés au voisinage de l'infrastructure, dans leur largeur maximale prévue par l'arrêté interministériel susmentionné. Faute de réponse dans le délai de trois mois suivant la transmission du préfet, leur avis est réputé favorable.

Toute modification du classement d'une infrastructure intervient suivant la procédure définie ci-dessus.

Les arrêtés préfectoraux mentionnés au présent article font l'objet d'une publication au Recueil des actes administratifs du département et d'un affichage, durant un mois, à la mairie des communes concernées.



Art. 6. - Une commune peut, à son initiative, proposer au préfet un projet de classement des infrastructures de transports terrestres portant sur tout ou partie de son territoire. Le préfet examine cette proposition avant de procéder au classement des infrastructures concernées.

Art. 7. - En vue d'assurer la protection des occupants des bâtiments à construire dans le secteur de nuisance d'une infrastructure de transports terrestres classée en application du présent décret, les façades des pièces et locaux exposés aux bruits des transports terrestres doivent présenter un isolement acoustique contre les bruits extérieurs conforme aux limites déterminées par l'arrêté prévu à l'article 3.

L'isolement acoustique requis dépend notamment du classement de l'infrastructure de transports terrestres, de la nature et de la hauteur du bâtiment, de la distance du bâtiment par rapport à l'infrastructure et, le cas échéant, de l'occupation du sol entre le bâtiment et l'infrastructure.

Art. 8. - Le recensement et le classement des infrastructures de transports terrestres ainsi que les secteurs situés au voisinage de ces infrastructures qui sont affectés par le bruit, les niveaux sonores à prendre en compte pour la construction de bâtiments et les prescriptions d'isolement acoustique de nature à les réduire sont tenus à la disposition du public dans les mairies, les directions départementales de l'équipement et les préfetures concernées.

Mention des lieux où ces documents peuvent être consultés est insérée dans deux journaux régionaux ou locaux diffusés dans le département et affichée à la mairie des communes concernées.

Art. 9. - Le code de l'urbanisme est modifié comme suit :

I. - Le 1° de l'article R 123-19 est complété par un n ainsi rédigé :

"n) Le périmètre des secteurs situés au voisinage des infrastructures de transports terrestres qui sont affectés par le bruit, et dans lesquels existent des prescriptions d'isolement acoustique, déterminés en application de l'article 13 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit."

II. - L'article R 123-24 est complété par un 8° ainsi rédigé :

"8° Le classement des infrastructures de transports terrestres ainsi que les secteurs situés au voisinage de ces infrastructures qui sont affectés par le bruit, et dans lesquels existent des prescriptions d'isolement acoustique, déterminés en application de l'article 13 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit. Ces documents portent référence des arrêtés préfectoraux correspondants et indication des lieux où ils peuvent être consultés."

III. - Le dernier alinéa de l'article R 311-10 est remplacé par les dispositions suivantes :

"Il est accompagné d'un rapport de présentation ainsi que des annexes énumérées à l'article R 123-24 (2°, 3°, 4° et 8°)."

IV. - L'article R 311-10-2 est complété par un e ainsi rédigé :

"e) Les secteurs situés au voisinage des infrastructures de transports terrestres qui sont affectés par le bruit, et dans lesquels existent des prescriptions d'isolement acoustique, déterminés en application de l'article 13 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit."

V. - L'article R 410-13 est complété par un second alinéa ainsi rédigé :

"Le certificat d'urbanisme informe, lorsqu'il y a lieu, le demandeur que le terrain se trouve dans un secteur, situé au voisinage d'infrastructures de transports terrestres, affecté par le bruit, dans lequel existent des prescriptions d'isolement acoustique, déterminées en application de l'article 13 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit."

Art. 10. - I. - Il est inséré entre l'article R 111-4 et l'article R 111-5 du code de la construction et de l'habitation un article R 111-4-1 ainsi rédigé :

"Art. R 111-4-1. - L'isolement acoustique des logements contre les bruits des transports terrestres doit être au moins égal aux valeurs déterminées par arrêté préfectoral dans le département concerné, conformément à l'article 13 de la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit."

"En application de l'article R 410-13 du code de l'urbanisme, le certificat d'urbanisme précise les secteurs éventuels dans lesquels des prescriptions d'isolement acoustique sont prévues."

Art. 11. - Les mesures prises en application de l'article 5 devront entrer en vigueur dans le délai de deux ans à compter de la date de publication de l'arrêté mentionné à l'article 3. Ce délai est porté à trois ans pour les classements d'infrastructures effectués avant cette date, en application de la réglementation alors en vigueur, qui demeurent valides ainsi que les règles d'isolement acoustique qui en découlent jusqu'à l'entrée en vigueur des mesures susmentionnées.

Art. 12. - Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, le ministre de l'équipement, des transports et du tourisme, le ministre de l'environnement, le ministre du logement et le ministre délégué à l'aménagement du territoire et aux collectivités locales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal Officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 9 janvier 1995.

EDOUARD BALLADUR

Par le Premier ministre :

Le ministre de l'environnement,
MICHEL BARNIER

*Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur
et de l'aménagement du territoire,*
CHARLES PASQUA

*Le ministre de l'équipement,
des transports et du tourisme,*
BERNARD BOSSON

Le ministre du logement,
HERVÉ DE CHARETTE

*Le ministre délégué à l'aménagement du territoire
et aux collectivités locales,*
DANIEL HOEFFEL



ANNEXE 6

Décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres

NOR : ENVP9420065D

Le Premier ministre,
Sur le rapport du ministre de l'environnement,
Vu la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 modifiée relative à la protection de la nature et le décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977 modifié portant application de l'article 2 de ladite loi ;
Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit, notamment l'article 12 ;
Vu le décret n° 85-453 du 23 avril 1985 modifié portant application de la loi n° 83-630 du 12 juillet 1983 relative à la démocratisation des enquêtes publiques et à la protection de l'environnement ;
Vu le décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 relatif au classement des infrastructures de transports terrestres et modifiant le code de l'urbanisme et le code de la construction et de l'habitation ;
Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décrète :

Art. 1er. - La conception, l'étude et la réalisation d'une infrastructure de transports terrestres nouvelle et la modification, ou la transformation, significative d'une infrastructure de transports terrestres existante sont accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives.

Le maître d'ouvrage de travaux de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure est tenu, sous réserve des situations prévues à l'article 9, de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations voisines de cette infrastructure soient limitées, dans les conditions fixées par le présent décret, à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normale des bâtiments riverains ou des espaces traversés.

Ces dispositions s'appliquent aux transports guidés, notamment aux infrastructures ferroviaires.

Art. 2. - Est considérée comme significative, au sens de l'article 1er, la modification ou la transformation d'une infrastructure existante, résultant d'une intervention ou de travaux successifs autres que ceux mentionnés à l'article 3 et telle que la contribution sonore qui en résulterait à terme, pour au moins une des périodes représentatives de la gêne des riverains mentionnées à l'article 4, serait supérieure de plus de 2 dB (A) à la contribution sonore à terme de l'infrastructure avant cette modification ou cette transformation.

Art. 3. - Ne constituent pas une modification ou une transformation significative, au sens de l'article 1er :

- 1° Les travaux d'entretien, de réparation, d'électrification ou de renouvellement des infrastructures ferroviaires ;
- 2° Les travaux de renforcement des chaussées, d'entretien ou de réparation des voies routières ;
- 3° Les aménagements ponctuels des voies routières ou des carrefours non dénivelés.

Art. 4. - La gêne due au bruit d'une infrastructure de transports terrestres est caractérisée par des indicateurs qui prennent en compte les nuisances sonores sur des périodes représentatives de la gêne des riverains du jour et de la nuit.

Pour chacune de ces périodes, des niveaux maximaux admissibles pour la contribution sonore de l'infrastructure sont définis en fonction de la nature des locaux et du type de travaux réalisés ; ils tiennent compte de la spécificité des modes de transports et peuvent être modulés en fonction de l'usage des locaux et du niveau sonore ambiant préexistant.

Les modalités d'application du présent article sont définies par arrêté conjoint des ministres chargés respectivement des routes, des transports, de l'environnement et de la construction. Les prescriptions relatives à la contribution sonore maximale admissible peuvent être différentes pour les infrastructures nouvelles et pour les transformations ou modifications significatives d'infrastructures existantes.

Art. 5. - Le respect des niveaux sonores maximaux autorisés est obtenu par un traitement direct de l'infrastructure ou de ses abords immédiats ; toutefois si cette action à la source ne permet pas d'atteindre les objectifs de la réglementation dans des conditions satisfaisantes d'insertion dans l'environnement ou à des coûts de travaux raisonnables, tout ou partie des obligations est assuré par un traitement sur le bâti qui tient compte de l'usage effectif des pièces exposées au bruit.

Art. 6. - Un arrêté conjoint des ministres chargés respectivement des routes, des transports, de l'environnement et de la construction fixe en tant que de besoin les modalités d'agrément des méthodes de contrôle de niveaux sonore *in situ* ainsi que les prescriptions que doivent respecter les méthodes de calcul prévisionnelles et les logiciels de calcul utilisés pour évaluer les niveaux sonores.

Art. 7. - I. - Il est créé dans le décret du 12 octobre 1977 susvisé un article 8-1 rédigé comme suit :

"Art. 8-1. - L'étude ou la notice d'impact comprise dans le dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique d'une infrastructure de transports terrestres nouvelle et d'une modification ou transformation significative d'une infrastructure existante précise au moins les hypothèses de trafic et de conditions de circulation retenues pour déterminer les nuisances sonores potentielles de l'infrastructure, les méthodes de calcul utilisées et les principes des mesures de protection contre les nuisances sonores qui seront mis en oeuvre par les applications locales des dispositions du décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres."

II. - L'article R 11-3 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique est complété par l'alinéa suivant :

"La notice explicative comprend, s'il y a lieu, les indications mentionnées à l'article 8-1 du décret n° 77-1141 du 12 octobre 1977."

Art. 8. - Préalablement au démarrage d'un chantier de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transports terrestres, le maître d'ouvrage



mesurage du bruit dû au trafic routier". Afin de garantir une bonne reproductibilité, ces mesures sont effectuées dans les conditions météorologiques définies dans les classes atmosphériques "a" ou "e" de cette norme.

Une estimation de l'influence des paramètres météorologiques sur le site étudié est fournie s'il y a lieu, afin de déterminer l'écart éventuel entre la mesure réalisée et les valeurs qui seraient mesurées dans d'autres conditions météorologiques rencontrées habituellement sur le site, ou le cas échéant, les valeurs résultant des calculs prévisionnels effectués selon les modalités définies à l'article 6.

L'isolement acoustique contre les bruits extérieurs D_{ext} est défini et mesuré conformément à la norme NF S 31-057 "Vérification de la qualité acoustique des bâtiments".

Art. 6. - Les niveaux sonores L_{Aeq} visés à l'article 1^{er} du présent arrêté sont évalués pour des conditions de circulation moyennes représentatives de l'ensemble de l'année, pour chacune des périodes diurne et nocturne. Les modèles et hypothèses utilisés pour les évaluations doivent être clairement explicités dans les études. Ils sont conformes aux normes en vigueur ou règles de l'art.

Pour les évaluations et prévisions des niveaux sonores à longue distance, c'est-à-dire supérieure à deux cent cinquante mètres, l'influence des conditions météorologiques sur la propagation des sons, comme le vent et la température, est prise en compte.

Les calculs sont réalisés :

- soit dans des conditions météorologiques particulières qui correspondent aux conditions favorables à la propagation des sons, en faisant appel à une convention de calcul s'inspirant des principes décrits dans la norme ISO 9613 "Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre, partie 2 : méthode générale de calcul" et en prenant en compte la fréquence de cette situation sur le site ;

- soit dans les conditions météorologiques observables sur le site, en utilisant une méthode qui prend en compte ces conditions.

L'application de ces méthodes ne peut cependant conduire à des valeurs inférieures à la situation sans vent et température constante.

Art. 7. - Le directeur des libertés publiques et des affaires juridiques, le directeur des routes, le directeur de la prévention des pollutions et des risques, le directeur de l'habitat et de la construction et le directeur général des collectivités locales sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 5 mai 1995.

Le ministre de l'environnement,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur de la prévention
des pollutions et des risques,
délégué aux risques majeurs,
G. DEFRANCE

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur
et de l'aménagement du territoire,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur des libertés publiques
et des affaires juridiques,
J.-P. FAUGÈRE

Le ministre de l'équipement, des transports
et du tourisme,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur des routes,
C. LEYRIT

Le ministre du logement,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur de l'habitat et de la construction,
E. EDOU

Le ministre délégué à l'aménagement du territoire
et aux collectivités locales,
Pour le ministre et par délégation :
Le directeur général des collectivités locales,
M. THENAULT



ANNEXE 7

Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières

NOR : ENV9540148A

(J.O. du 10 mai 1995)

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, le ministre de l'équipement, des transports et du tourisme, le ministre de l'environnement, le ministre du logement et le ministre délégué à l'aménagement du territoire et aux collectivités locales,

Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit ;

Vu le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. - Les indicateurs de gêne due au bruit d'une infrastructure routière, mentionnés à l'article 4 du décret susvisé relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, sont :

- pour la période diurne, le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pendant la période de 6 heures à 22 heures, noté L_{Aeq} (6 h-22 h), correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure concernée ;

- pour la période nocturne, le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pendant la période de 22 heures à 6 heures, noté L_{Aeq} (22 h-6 h), correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure concernée.

La définition de L_{Aeq} est donnée dans la norme NF S 31-110 "Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. - Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation".

Ces niveaux sont évalués à deux mètres en avant de la façade des bâtiments, fenêtres fermées.

Art. 2. - Les niveaux maximaux admissibles pour la contribution sonore d'une infrastructure nouvelle, mentionnés à l'article 4 du décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, sont fixés aux valeurs suivantes :

USAGE ET NATURE DES LOCAUX	L_{Aeq} (6 h - 22 h) (1)	L_{Aeq} (22 h - 6 h) (1)
Etablissements de santé, de soins et d'action sociale (2)	60 dB (A)	55 dB (A)
Etablissements d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs) ..	60 dB (A)	
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	60 dB (A)	55 dB (A)
Autres logements	65 dB (A)	60 dB (A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modérée	65 dB (A)	

(1) Ces valeurs sont supérieures de 3 dB (A) à celles qui seraient mesurées en champ libre ou en façade, dans le plan d'une fenêtre ouverte, dans les mêmes conditions de trafic, à un emplacement comparable. Il convient de tenir compte de cet écart pour toute comparaison avec d'autres réglementations qui sont basées sur des niveaux sonores maximaux admissibles en champ libre ou mesurés devant des fenêtres ouvertes.

(2) Pour les salles de soins et les salles réservées au séjour de malades, ce niveau est abaissé à 57 dB (A).

Une zone est d'ambiance sonore modérée si le niveau de bruit ambiant existant avant la construction de la voie nouvelle, à deux mètres en avant des façades des bâtiments est tel que L_{Aeq} (6 h - 22 h) est inférieur à 65 dB (A) et L_{Aeq} (22 h - 6 h) est inférieur à 60 dB (A).

Dans le cas où une zone respecte le critère d'ambiance sonore modérée seulement pour la période nocturne, c'est le niveau sonore maximal de 55 dB (A) qui s'applique pour cette période.

Art. 3. - Lors d'une modification ou transformation significative d'une infrastructure existante au sens des articles 2 et 3 du décret susvisé relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, le niveau sonore résultant devra respecter les prescriptions suivantes :

- si la contribution sonore de l'infrastructure avant travaux est inférieure aux valeurs prévues à l'article 2 du présent arrêté, elle ne pourra excéder ces valeurs après travaux ;

- dans le cas contraire, la contribution sonore, après travaux, ne doit pas dépasser la valeur existant avant travaux, sans pouvoir excéder 65 dB (A) en période diurne et 60 dB (A) en période nocturne.

Art. 4. - Dans les cas nécessitant un traitement du bâti mentionnés à l'article 5 du décret relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transports terrestres, l'isolement acoustique contre les bruits extérieurs D_{eAT} , vis-à-vis du spectre du bruit routier défini dans les normes en vigueur, exprimé en décibels (A), sera tel que :

$$D_{eAT} \geq L_{Aeq} - Obj + 25,$$

L_{Aeq} est la contribution sonore de l'infrastructure, définie à l'article 1^{er}, et Obj la contribution sonore maximale admissible définie aux articles 2 et 3 du présent arrêté. D_{eAT} est l'isolement acoustique contre les bruits extérieurs, défini à l'article 5. Cet isolement est déterminé pour une durée de réverbération égale à 0,5 seconde. Ce calcul sera effectué s'il y a lieu pour les deux périodes, et la valeur d'isolement la plus élevée sera retenue.

Quand l'application de cette règle conduit à procéder effectivement à des travaux d'isolation de façade, l'isolement résultant ne devra pas être inférieur à 30 dB (A).

Pour les locaux d'habitation, la valeur de cet isolement devra être respectée dans les pièces principales et les cuisines.

Lorsqu'un traitement du bâti est nécessaire, il convient de prendre en compte les exigences de pureté de l'air et de confort thermique en saison chaude à l'intérieur des bâtiments.

Art. 5. - Des mesures sur le site peuvent être effectuées :

- en façade des bâtiments pour s'assurer du respect des objectifs fixés aux articles 2 et 3 du présent arrêté ;
- pour évaluer le critère de zone d'ambiance sonore préexistante modérée mentionné à l'article 2.

Les méthodes de contrôle *in situ* sont conformes à la méthode d'évaluation des niveaux sonores de long terme définie par la norme NF S 31-085 "Caractérisation et



fournit au préfet de chacun des départements concernés et aux maires des communes sur le territoire desquelles sont prévus les travaux et les installations de chantier les éléments d'information utiles sur la nature du chantier, sa durée prévisible, les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances. Ces éléments doivent parvenir aux autorités concernées un mois au moins avant le démarrage du chantier.

Au vu de ces éléments le préfet peut, lorsqu'il estime que les nuisances sonores attendues sont de nature à causer un trouble excessif aux personnes, prescrire par un arrêté motivé, pris après avis des maires des communes concernées et du maître d'ouvrage, des mesures particulières de fonctionnement du chantier, notamment en ce qui concerne ses accès et ses horaires.

Faute de réponse dans le délai de quinze jours suivant la demande du préfet, cet avis est réputé favorable.

Lorsque les travaux concernent plusieurs départements, l'arrêté est pris conjointement par les préfets de ces départements.

Le maître d'ouvrage informe le public de ces éléments par tout moyen approprié.

Art. 9. - Le maître d'ouvrage de travaux de construction, de modification ou de transformation significative d'une infrastructure de transports terrestres n'est pas tenu de prendre les mesures prévues à l'article 1er à l'égard des bâtiments voisins de cette infrastructure dont la construction a été autorisée après l'intervention de l'une des mesures suivantes :

1° Publication de l'acte décidant l'ouverture d'une enquête publique portant sur le projet d'infrastructure, en application de l'article L 11-1 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique ou du décret du 23 avril 1985 susvisé ;

2° Mise à disposition du public de la décision, ou de la délibération, arrêtant le principe et les conditions de réalisation d'un projet d'infrastructure, au sens du a du 2° de l'article R121-13 du code de l'urbanisme, dès lors que cette décision, ou cette délibération, prévoit les emplacements qui doivent être réservés dans les documents d'urbanisme opposables ;

3° Inscription du projet d'infrastructure en emplacement réservé dans un plan d'occupation des sols, un plan d'aménagement de zone, ou un plan de sauvegarde ou de mise en valeur, opposable ;

4° Mise en service de l'infrastructure ;

5° Publication des arrêtés préfectoraux portant classement de l'infrastructure et définition des secteurs affectés par le bruit situés à son voisinage, pris en application de l'article 13 de la loi du 31 décembre 1992 susvisée.

Art. 10. - Le présent décret s'applique :

1° Aux infrastructures nouvelles et aux modifications ou transformations significatives d'une infrastructure existante, dont l'acte décidant l'ouverture d'une enquête publique en application de l'article L 11-1 du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique ou du décret du 23 avril 1985 susvisé, ou l'acte prorogeant les effets d'une déclaration d'utilité publique, est postérieur de plus de six mois à la date de publication de l'arrêté mentionné à l'article 4 ;

2° Lorsqu'elles ne font pas l'objet d'une enquête publique, aux modifications ou transformations significatives d'une infrastructure existante, dont le début des travaux est postérieur de plus de six mois à la même date.

Art. 11. - Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, le ministre de l'équipement, des transports et du tourisme, le ministre de l'environnement et le ministre du logement sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent décret, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait à Paris, le 9 janvier 1993.

EDOUARD BALLADUR

Par le Premier ministre :

Le ministre de l'environnement,
MICHEL BARNIER

*Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur
et de l'aménagement du territoire,*
CHARLES PASQUA

*Le ministre de l'équipement, des transports
et du tourisme,*
BERNARD BOSSON

Le ministre du logement,
HERVÉ DE CHARETTE



ANNEXE 8

Arrêté du 30 mai 1996
relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres
et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit
NOR : ENVP9650195A

Le ministre de l'équipement, du logement, des transports
et du tourisme,

Le ministre du travail et des affaires sociales,

Le ministre de l'intérieur,

Le ministre de l'environnement,

Le ministre de la fonction publique, de la réforme de l'Etat
et de la décentralisation,

Vu le code de la construction et de l'habitation, et
notamment son article R.111-4-1,

Vu le code de l'urbanisme, et notamment ses articles
R.111-1, R.111-3-1, R.123-19, R.123-24, R.311-10,
R.311-10-2, R.410-13 ;

Vu la loi n° 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la
lutte contre le bruit, et notamment son article 13 ;

Vu le décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 relatif au
classement des infrastructures de transports terrestres et
modifiant le code de l'urbanisme et le code de la
construction et de l'habitation, et notamment ses articles
3, 4 et 7 ;

Vu le décret n° 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la
limitation du bruit des aménagements et infrastructures de
transports terrestres ;

Vu l'arrêté du 24 mars 1982 relatif à l'aération des
logements ;

Vu l'arrêté du 6 octobre 1978 modifié relatif à l'isolement
acoustique des bâtiments d'habitation contre les bruits de
l'espace extérieur ;

Vu l'arrêté du 28 octobre 1994 relatif aux caractéristiques
acoustiques des bâtiments d'habitation, et notamment son
article 9 ;

Vu l'arrêté du 28 octobre 1994 relatif aux modalités
d'application de la réglementation acoustique, et
notamment son article 6 ;

Vu l'arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des
infrastructures routières,

Arrêtent :

Art. 1^{er}. - Cet arrêté a pour objet, en application des
dispositions du décret n° 95-21 du 9 janvier 1995 susvisé :

- de déterminer, en fonction des niveaux sonores de
référence diurnes et nocturnes, les cinq catégories dans
lesquelles sont classées les infrastructures de transports
terrestres recensées ;
- de fixer la largeur maximale des secteurs affectés par le
bruit situés de part et d'autre de ces infrastructures ;
- de fixer les modalités de mesure des niveaux sonores de
référence, et les prescriptions que doivent respecter les
méthodes de calcul prévisionnelles ;
- de déterminer, en vue d'assurer la protection des
occupants des bâtiments d'habitation à construire dans ces
secteurs, l'isolement acoustique minimal des façades des
pièces principales et cuisines contre les bruits des
transports terrestres, en fonction des critères prévus à
l'article 7 du décret susvisé.

**Titre 1 : Classement des infrastructures de transports
terrestres par le préfet**

Art. 2. - Les niveaux sonores de référence, qui permettent
de classer les infrastructures de transports terrestres
recensées, et de déterminer la largeur maximale des
secteurs affectés par le bruit sont :

- pour la période diurne, le niveau de pression acoustique
continu équivalent pondéré A, pendant la période de 6
heures à 22 heures, noté L_{Aeq} (6h-22h), correspondant à
la contribution sonore de l'infrastructure considérée ;

- pour la période nocturne, le niveau de pression
acoustique continu équivalent pondéré A, pendant la
période de 22 heures à 6 heures, noté L_{Aeq} (22h-6h),
correspondant à la contribution sonore de l'infrastructure
considérée.

Ces niveaux sonores sont évalués en des points de
référence situés, conformément à la norme NF S.31-130
"cartographie du bruit en milieu extérieur", à une hauteur
de 5 mètres au dessus du plan de roulement et :

- à 2 mètres en avant de la ligne moyenne des façades
pour les "rues en U" ;

- à une distance de l'infrastructure* de 10 mètres,
augmentés de 3 dB(A) par rapport à la valeur en champ
libre pour les tissus ouverts, afin d'être équivalents à un
niveau en façade. L'infrastructure est considérée comme
rectiligne, à bords dégagés, placée sur un sol horizontal
réfléchissant.

Les notions de rues en U et de tissu ouvert sont définies
dans la norme citée précédemment.

* Cette distance est mesurée :

- pour les infrastructures routières, à partir du bord
extérieur de la chaussée la plus proche ;
- pour les infrastructures ferroviaires, à partir du bord du
rail extérieur de la voie la plus proche.

Art. 3. - Les niveaux sonores de référence visés à l'article
précédent sont évalués :

- pour les infrastructures en service, dont la croissance
prévisible ou possible du trafic ne peut conduire à
modifier le niveau sonore de plus de 3 dB(A), par calcul
ou mesures sur site à partir d'hypothèses de trafic
correspondant aux conditions de circulation moyennes
représentatives de l'ensemble de l'année ;

- pour les infrastructures en service, dont la croissance
prévisible ou possible du trafic peut conduire à modifier le



niveau sonore de plus de 3 dB(A), par calcul à partir d'hypothèses de trafic correspondant à la situation à terme ;

- pour les infrastructures en projet, qui ont donné lieu à l'une des mesures prévues à l'article 1er du décret n° 95-21, par calcul à partir des hypothèses de trafic retenues dans les études d'impact ou les études préalables à l'une de ces mesures.

Les calculs sont réalisés conformément à la norme NF S.31-130, en considérant un sol réfléchissant, un angle de vue de 180°, un profil en travers au niveau du terrain naturel, un type d'écoulement fluide ou pulsé, et sans prendre en compte les obstacles situés le long de l'infrastructure. En l'absence de données de trafic, des valeurs forfaitaires par files de circulation peuvent être utilisées.

Les mesures sont réalisées, le cas échéant, conformément aux normes Pr S.31-088, "mesurage du bruit dû au trafic ferroviaire en vue de sa caractérisation", et NF S.31-130 annexe B pour le bruit routier, aux points de référence, dans les conditions définies à l'article 2 ci-dessus.

Art. 4. - Le classement des infrastructures de transports terrestres et la largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure, sont définis en fonction des niveaux sonores de référence, dans le tableau suivant :

Niveau sonore de référence $L_{Aeq}(6h-22h)$ en dB(A)	Niveau sonore de référence $L_{Aeq}(22h-6h)$ en dB(A)	Catégorie de l'infrastructure	Largeur maximale des secteurs affectés par le bruit de part et d'autre de l'infrastructure (1)
$L > 81$	$L > 76$	1	$d = 300$ m
$76 < L \leq 81$	$71 < L \leq 76$	2	$d = 250$ m
$70 < L \leq 76$	$65 < L \leq 71$	3	$d = 100$ m
$65 < L \leq 70$	$60 < L \leq 65$	4	$d = 30$ m
$60 < L \leq 65$	$55 < L \leq 60$	5	$d = 10$ m

(1) Cette largeur correspond à la distance définie à l'article 2 comptée de part et d'autre de l'infrastructure.

Si sur un tronçon de l'infrastructure de transports terrestres, il existe une protection acoustique par couverture ou tunnel, il n'y a pas lieu de classer le tronçon considéré.

Si les niveaux sonores de référence évalués pour chaque période diurne et nocturne, conduisent à classer une infrastructure ou un tronçon d'infrastructure de transports terrestres dans deux catégories différentes, l'infrastructure est classée dans la catégorie la plus bruyante.

Titre 2 : Détermination de l'isolement acoustique minimal des bâtiments d'habitation contre les bruits des transports terrestres par le maître d'ouvrage du bâtiment.

Art. 5. - En application du décret n° 95-21 susvisé, les pièces principales et cuisines des logements dans les bâtiments d'habitation à construire dans le secteur de nuisance d'une ou plusieurs infrastructures de transports terrestres, doivent présenter un isolement acoustique minimal contre les bruits extérieurs.

Cet isolement est déterminé de manière forfaitaire par une méthode simplifiée dont les modalités sont définies à l'article 6 ci-après.

Toutefois, le maître d'ouvrage du bâtiment à construire peut déduire la valeur de l'isolement d'une évaluation plus précise des niveaux sonores en façade, s'il souhaite prendre en compte des données urbanistiques et topographiques particulières, l'implantation de la construction dans le site, et, le cas échéant, l'influence des conditions météorologiques locales. Cette évaluation est faite sous sa responsabilité selon les modalités fixées à l'article 7 du présent arrêté.

Art. 6. - Selon la méthode forfaitaire, la valeur d'isolement acoustique minimal des pièces principales et cuisines des logements contre les bruits extérieurs est déterminée de la façon suivante.

On distingue deux situations, celle où le bâtiment est construit dans une rue en U, celle où le bâtiment est construit en tissu ouvert.

A - dans les rues en U

Le tableau suivant donne la valeur de l'isolement minimal en fonction de la catégorie de l'infrastructure, pour les pièces directement exposées au bruit des transports terrestres :

Catégorie	Isolement minimal D_{RAT}
1	45 dB(A)
2	42 dB(A)
3	38 dB(A)
4	35 dB(A)
5	30 dB(A)

Ces valeurs sont diminuées, sans toutefois pouvoir être inférieures à 30 dB(A) :

- en effectuant un décalage d'une classe d'isolement pour les façades latérales ;
- en effectuant un décalage de deux classes d'isolement pour les façades arrières.