

09  
06

## > Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit

*Optimisation de la pesée des intérêts*



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



09  

---

06

# > Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit

*Optimisation de la pesée des intérêts*

*Complément au Cahier de l'environnement n° 301 de l'OFEV*

### **Valeur juridique de cette publication**

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise des notions juridiques indéterminées provenant de lois et d'ordonnances et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur. Les aides à l'exécution de l'OFEV (appelées aussi directives, instructions, recommandations, manuels, aides pratiques) paraissent dans la collection « L'environnement pratique ».

### **Impressum**

#### **Editeur**

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L' OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

#### **Auteurs**

Markus Bichsel, Grolimund & Partner AG, Berne

Walter Muff, Grolimund & Partner AG, Berne

#### **Conseiller OFEV**

Sandro Ferrari, division lutte contre le bruit (OFEV)

Gregor Schquanin, division lutte contre le bruit (OFEV)

#### **Référence bibliographique**

Bichsel M., Muff W. 2006: Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit. Optimisation de la pesée des intérêts. L'environnement pratique no 0609. Office fédéral de l'environnement, Berne. 62 p.

#### **Traduction**

Stéphanie et Frédéric Peyrouny

#### **Graphisme, mise en page**

Ursula Nöthiger-Koch

#### **Photo couverture**

Parois antibruit A2 Ciasso, direction Nord

#### **Téléchargement du fichier PDF**

[www.environnement-suisse.ch/publications](http://www.environnement-suisse.ch/publications)

(il n'existe pas de version imprimée)

Référence: UV-0609-F

# Table des matières

<b>Abstracts</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>Conclusions / sensibilité</b>	<b>27</b>
<b>Préface</b>	<b>7</b>	5.1	Conclusions	27
<b>Résumé</b>	<b>8</b>	5.2	Sensibilité	28
<hr/>		<hr/>		
<b>1</b>	<b>Mandat et objectifs</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>Outil de calcul</b>
<hr/>		<hr/>		
<b>2</b>	<b>Contexte</b>	<b>12</b>	<b>Annexes</b>	
2.1	Modèle « SRU 301 »	12	<b>30</b>	
2.2	Problématique	14		
2.3	Approche préconisée	15		
<hr/>		<hr/>		
<b>3</b>	<b>Démarche / méthode</b>	<b>17</b>		
3.1	Objectif	17		
3.2	Démarche	17		
3.3	Conditions-cadres	17		
3.4	Bases relatives aux projets déjà étudiés	17		
3.5	Examen des structures de construction et des mesures de protection contre le bruit	18		
3.6	Matrice d'analyse	19		
3.7	Bases de coûts et durée de vie appliqués	20		
3.8	Estimations approximatives OFEV / OFROU	20		
<hr/>		<hr/>		
<b>4</b>	<b>Résultats de l'analyse</b>	<b>22</b>		
4.1	Documentation des résultats	22		
4.2	Parois antibruit	23		
4.3	Revêtements	23		
4.4	Parois antibruit et revêtement, effet -3 dBA (durée de service de 25 ans)	24		
4.5	Parois antibruit et revêtement, effet -5 dBA (durée de service de 12,5 ans)	24		
4.6	Parois antibruit et revêtement, effet -5 dBA (durée de service de 25 ans)	25		
4.7	Recouvrements	25		
4.8	Recouvrements combinés à des revêtements	26		



## > Abstracts

In applying the Law relating to the Protection of the Environment, noise emission must be limited according to the principles of economic acceptability and appropriateness. The present document provides a more detailed treatment than given in Environmental Series no. 301 "Economic acceptability and appropriateness of noise abatement measures". The document enables the applicable legal provisions to be enforced on an objective basis. The assessment is performed using a new method, which is based on a comparison of the cost to the national economy and the benefit arising from noise abatement measures, and applies the WT index as sole parameter. Recording and quantification of the basic data is performed by means of a detailed analysis based on the existing simulation procedure.

In Anwendung des Umweltschutzgesetzes sind Lärmemissionen nach den Grundsätzen der wirtschaftlichen Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit zu begrenzen. Das Dokument stellt eine Präzisierung der Schriftenreihe Umwelt Nr. 301 «Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen» dar. Es ermöglicht den Vollzug der entsprechenden Gesetzesartikel auf einer objektiven Basis. Die Beurteilung erfolgt aufgrund einer Gegenüberstellung der volkswirtschaftlichen Kosten und des Nutzens von Lärmschutzmassnahmen mit einer neuen Methode über den WT-Index als Einzahlkennwert. Die Erfassung und Quantifizierung der Grundlagendaten erfolgt mit Präzisionen nach dem bisherigen Modell.

La loi sur la protection de l'environnement stipule que les émissions de bruit doivent être limitées dans la mesure de ce qui est économiquement supportable et en vertu du principe de la proportionnalité. Le présent document apporte des précisions au Cahier de l'environnement N° 301 « Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit ». Il permet en particulier une application de la loi selon des bases objectives. L'appréciation consiste à confronter les coûts économiques et l'utilité des mesures de lutte contre le bruit selon une nouvelle méthode reposant sur l'indice WTI, soit un indicateur unique. Le recensement et la quantification des données de base obéit au modèle appliqué jusqu'ici, avec certaines précisions toutefois.

In applicazione della legge sulla protezione dell'ambiente, le emissioni foniche devono essere limitate secondo i principi della sostenibilità e della proporzionalità economica. Il documento fornisce precisazioni sulla pubblicazione n. 301 «Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen» della Serie Scritti sull'ambiente. Inoltre, permette di attuare su basi oggettive i relativi articoli di legge. La valutazione avviene confrontando i costi e i benefici delle misure contro l'inquinamento fonico utilizzando un nuovo metodo basato sull'utilizzo del «WT-Index» quale parametro singolo. Il rilevamento e la quantificazione dei dati di base avviene applicando il principio delle precisazioni secondo il modello utilizzato sinora.

### Keywords

noise abatement,  
appropriateness of noise  
abatement measures,  
reconciliation of interests

### Stichwörter

Lärmschutz,  
Verhältnismässigkeit von  
Lärmschutzmassnahmen,  
Interessenabwägung

### Mots-clés

protection contre le bruit,  
proportionnalité des mesures de  
lutte contre le bruit,  
pesée des intérêts

### Parole chiave

protezione contro l'inquinamento  
fonico,  
proporzionalità dei provvedimenti  
contro l'inquinamento fonico,  
ponderazione degli interessi



---

## > Préface

La loi sur la protection de l'environnement oblige d'une manière générale à assainir les routes produisant des émissions sonores excessives. Néanmoins, quand il s'agit de décider de l'opportunité d'investir dans des mesures de lutte contre le bruit, une question est souvent posée: les coûts de la construction, de l'exploitation et de l'entretien de ces dispositifs sont-ils justifiés par rapport à leur utilité économique ? Autre point à prendre en considération: les éventuels intérêts supérieurs qui s'opposeraient à l'assainissement, notamment eu égard à la protection des sites, de la nature et du paysage ou à la sécurité du trafic et de l'exploitation.

Cette appréciation de la proportionnalité des coûts et la pesée des intérêts doivent se faire selon des principes unifiés. À cet effet, l'ancien Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) avait publié en 1998 le Cahier de l'environnement N° 301, «Caractère économiquement supportable et proportionnalité des mesures de protection contre le bruit».

Dans l'intervalle, la méthode de l'évaluation monétaire de la charge acoustique s'est établie pour la comparaison des coûts et de l'utilité des mesures de protection contre le bruit. Lors de l'application pratique toutefois, l'appréciation sur la base du diagramme efficacité/efficacités a souvent abouti à des résultats peu clairs ou insuffisamment concluants, en particulier pour les projets à forts investissements tels que les couvertures d'infrastructures.

Le présent rapport apporte des précisions essentielles au Cahier de l'environnement N° 301. Les fondements du modèle ont été révisés sur la base de divers projets d'assainissement. Il est désormais possible de procéder à des évaluations différenciées au moyen d'un indicateur unique. Grâce à cette nouvelle méthode, il sera possible désormais de mener les discussions sur des bases objectives lorsqu'il s'agira d'apprécier la proportionnalité des coûts de mesures de lutte contre le bruit en pesant les intérêts.

Ce nouveau procédé d'évaluation fait partie intégrante du Guide de l'assainissement phonique des routes, que l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a élaboré conjointement avec l'Office fédéral des routes (OFROU). L'appréciation selon la nouvelle méthode devient dès lors obligatoire pour les projets d'assainissement dépassant un certain ordre de grandeur.

Urs Jörg

Le chef division lutte contre le bruit

Office fédéral de l'environnement OFEV

## > Résumé

### Contexte

L'appréciation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité des mesures de protection contre le bruit se fonde sur le modèle présenté dans le Cahier de l'environnement n° 301 (SRU 301).

Ce modèle se déroule en deux étapes tenant compte de l'avancement et de la complexité des projets de protection contre le bruit:

#### Étape A:

- > Calcul de la limite supérieure du caractère économiquement supportable pour évaluer le coût approximatif de futures mesures.

#### Étape B:

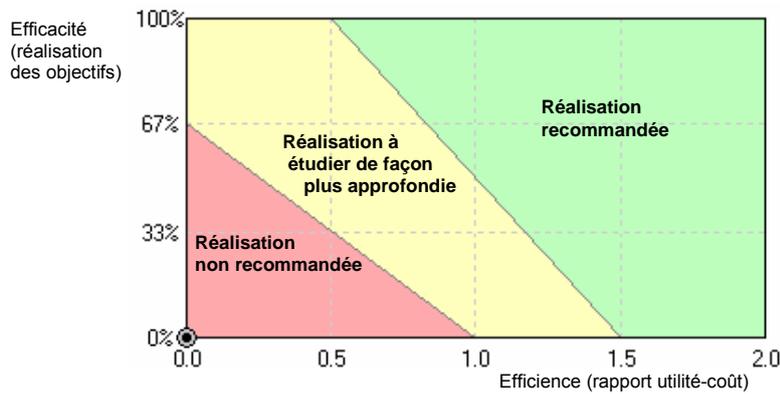
- > Pesée des intérêts à l'aide de deux critères: l'efficacité (rapport entre l'utilité et le coût) et l'efficacités (taux de réalisation des objectifs par rapport aux valeurs limites prescrites par l'OPB).
- > Appréciation qualitative des conflits potentiels avec d'autres biens économiques publics non monétarisables (site, paysage, écologie, qualité de l'habitat des riverains, sécurité routière, etc.).

Le modèle d'évaluation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité (CESP) des mesures de protection contre le bruit exposé dans le Cahier de l'environnement n° 301 de l'OFEV constitue une base de travail à la fois utile et intéressante. Il fait d'ailleurs de plus en plus partie de la panoplie d'outils standard utilisée pour l'étude et la planification des projets.

Sous sa forme actuelle, le «modèle SRU 301» aboutit néanmoins à des résultats souvent ambigus ou peu concluants. La question du poids de l'efficacité et de l'efficacités pour les projets d'une même classe d'appréciation reste ainsi sans réponse. En outre, de nombreuses évaluations tombent dans le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie» et ne sont, de ce fait, guère parlantes.

Or l'appréciation du CESP est censée livrer des résultats clairs et utilisables pour tous les types de mesures d'assainissement. C'est pourquoi l'OFEV a souhaité que les procédures actuelles soient affinées sur ce point; l'objectif étant de trouver un indicateur unique autorisant une appréciation CESP sans équivoque et de le comparer aux critères préexistants. Les analyses menées se limitent à l'affinement du verdict issu de la pesée des intérêts (étape B.1 du modèle SRU 301).

**Fig. 1 > Diagramme efficacité/efficacité selon SRU 301.**

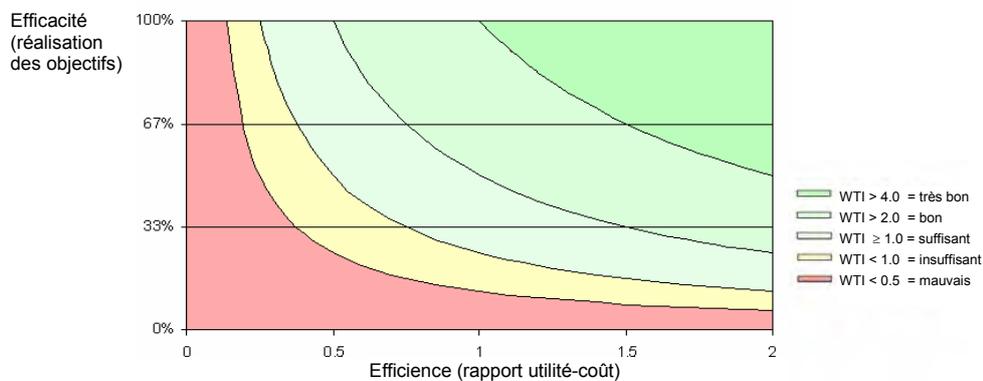


**Approche préconisée**

Désormais, il est proposé de calculer un indice de caractère économiquement supportable (WTI) sur la base du modèle défini dans le SRU 301. Le calcul et l'évaluation monétaire de l'utilité maximale possible (étape A) ainsi que la pesée des intérêts (étape B) demeurent inchangés. En revanche, l'appréciation de l'étape B.1 a été affinée pour produire des résultats univoques. L'indice WTI se calcule de la manière suivante:

$$WTI = \text{Efficacité} * \text{Efficience} / 25$$

**Fig. 2 > Proposition de nouveau diagramme efficacité/efficacité**



L'appréciation s'opère selon les classes:

- > WTI >4.0 = très bon
- > WTI >2.0 = bon
- > WTI ≥1.0 = suffisant
- > WTI <1.0 = insuffisant
- > WTI <0.5 = mauvais

### Analyses

L'hypothèse avancée a été testée à l'aide de modélisations de différentes structures de construction standard et de diverses mesures d'assainissement. Les résultats ainsi obtenus ont ensuite été comparés aux conclusions d'analyses CESP déjà disponibles et aux instruments d'aide à la décision utilisés jusqu'à présent par l'OFEV et l'OFROU (coût maximal par maison protégée, coût maximal par appartement protégé, coût maximal par habitant exposé et réduction du bruit en dBA).

### Résultats

Les résultats des analyses permettent de tirer les conclusions suivantes:

- > L'appréciation des projets par le biais du WTI coïncide bien avec les champs «Réalisation recommandée» ou «Réalisation non recommandée» du modèle d'origine.
- > Pour le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie», le WTI permet en outre d'obtenir de meilleures évaluations et comparaisons de variantes que le modèle actuel.
- > Les résultats des analyses ont validé l'hypothèse de travail relative au nouvel indice WTI et à ses cinq classes d'évaluation.
- > Pour les estimations approximatives et les projets simples, la prise en compte du coût maximal pourra s'effectuer par le biais du critère suivant:
  - 5000 francs par effet dBA et habitant (CHF / dBA \* habitant)Pour les mesures de protection des propriétés individuelles et des petits groupes d'habitations, on se référera au coût maximal par bien-fonds (CHF / bien-fonds). Cette valeur dépend de la taille de l'objet ainsi que de son état, de son utilisation et de sa situation. En zone rurale ou péri-urbaine, la somme de 250 000 francs semble être un ordre de grandeur raisonnable, mais elle est insuffisante en milieu urbain ou pour les grands ensembles d'immeubles locatifs.  
La prise en compte du coût par appartement livre des résultats peu exploitables.

### Outil de calcul

Un outil de calcul, téléchargeable depuis Internet (cf chapitre 6), a été développé pour l'application de la présente aide à l'exécution.

# 1 > Mandat et objectifs

---

L'appréciation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité (CESP) des mesures de protection contre le bruit à l'aide du diagramme efficacité/efficacité exposé dans le Cahier de l'environnement n° 301 de l'OFEV constitue une base de travail à la fois utile et intéressante. Il fait d'ailleurs de plus en plus partie de la panoplie d'outils standard utilisée pour l'étude et la planification des projets. Dorénavant, la justification du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité est obligatoire pour tout nouveau projet d'assainissement phonique.

Sous sa forme actuelle, le modèle SRU 301 aboutit néanmoins à des résultats souvent ambigus ou peu concluants. Cela est notamment le cas lorsque l'efficacité et les coûts sont élevés (p. ex. recouvrements) ou, inversement, lorsque l'efficacité et les coûts sont faibles (p. ex. parois antibruit peu onéreuses mais peu efficaces). En outre, de nombreuses évaluations tombent dans le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie» et ne sont, de ce fait, guère parlantes.

Or l'appréciation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité est censée livrer des résultats clairs et utilisables pour tous les types de mesures d'assainissement.

C'est pourquoi l'OFEV a souhaité que les procédures actuelles soient affinées sur ce point; l'objectif étant de trouver un indicateur unique autorisant une appréciation CESP sans équivoque et de le comparer aux critères préexistants. Les analyses menées se limitent à l'affinement du verdict issu de la pesée des intérêts (étape B.1 du modèle SRU 301).

## 2 > Contexte

---

### 2.1 Modèle «SRU 301»

Au-delà d'un simple problème de financement, la réalisation des mesures de protection contre le bruit (parois antibruit, réfection du revêtement, recouvrements, etc.) soulève aussi des interrogations au sujet de l'efficacité des moyens financiers déployés. La loi sur la protection de l'environnement (LPE) et l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) se réfèrent à ce propos aux notions de «caractère économiquement supportable» et de «proportionnalité» (cf. art. 11, 17 et 25 LPE et art. 7, 8 et 13 OPB), mais sans les définir précisément.

Pour combler cette lacune, l'OFEV a donc mis au point un modèle qui apprécie le caractère économiquement supportable et la proportionnalité des mesures de protection contre le bruit en s'appuyant sur une évaluation monétaire des nuisances sonores. Ce modèle est décrit dans le Cahier de l'environnement n° 301 (SRU 301, OFEV 1998).

L'évaluation établit ainsi une comparaison entre le coût en termes d'économie publique et l'utilité des mesures de protection contre le bruit. Le modèle développé est centré sur le recensement et la quantification de ces deux grandeurs.

Le coût des mesures de protection contre le bruit correspond aux moyens financiers mis en œuvre pour l'étude, la réalisation, l'exploitation et l'entretien des différents aménagements retenus.

L'utilité des mesures de protection contre le bruit est définie comme le coût en termes d'économie publique évité à la population grâce auxdites mesures. La différence entre le coût du bruit avec mesures de protection et le coût du bruit sans correspond à l'utilité économique des mesures pour la collectivité. L'évaluation monétaire du coût du bruit en termes d'économie publique se fait à partir du modèle hédoniste de formation des prix. Celui-ci permet, grâce à l'analyse du prix des loyers dans des zones résidentielles diversement exposées au bruit, de déterminer une disposition à payer pour la réduction des nuisances sonores. Des études menées sur ce point en Suisse et à l'étranger montrent qu'une réduction du niveau sonore d'un décibel entraîne une augmentation du loyer d'1 % (coefficient de loyer).

Le modèle se décompose en deux étapes:

- A Calcul et évaluation monétaire de l'utilité maximale possible
- B Pesée des intérêts.

**L'étape A** calcule, indépendamment de toute mesure concrète, l'utilité maximale possible pour la construction existante et potentiellement envisageable dans la zone d'immissions. Cette utilité maximale est ainsi identique au coût en termes d'économie publique et donne une première idée du coût approximatif des futures mesures de protection contre le bruit.

Étape A:  
l'utilité maximale possible

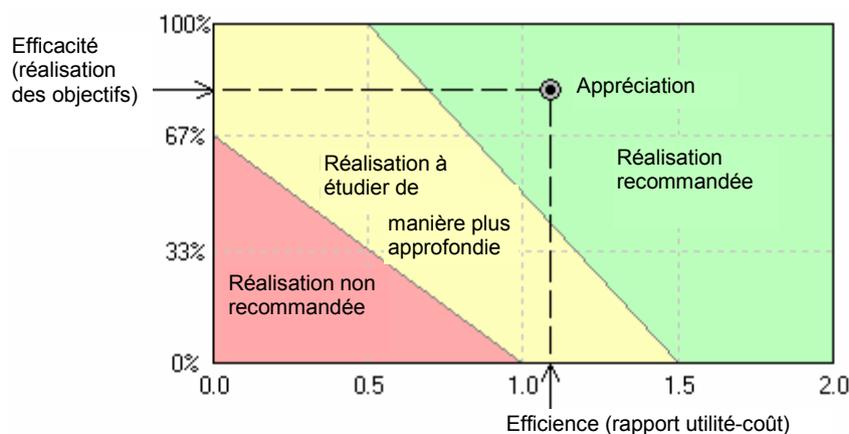
**L'étape B** procède à la pesée des intérêts à l'aide des deux critères: l'efficacité et l'efficacité.

Étape B:  
efficacité et efficacité

- > L'efficacité représente le rapport entre l'utilité des mesures de protection et leur coût en termes d'économie publique (frais d'investissement, d'exploitation et d'entretien ramenés en valeur annuelle).
- > L'efficacité correspond au taux de réalisation des objectifs, c'est-à-dire le degré de protection atteint par rapport aux exigences légales (respect des valeurs limites d'exposition).

Ces deux critères sont mis en balance lors d'une analyse efficacité-efficacité qui permet d'obtenir, pour les mesures de protection contre le bruit envisagées, une recommandation sur la réalisation et la suite à donner à la procédure (voir figure 2.1.1).

**Fig. 3** > Liste de contrôle pour évaluer les atteintes occasionnées par les mesures de protection contre le bruit.



Après avoir déterminé le coût en termes d'économie publique, l'évaluation envisage les éventuels conflits d'intérêts pouvant se faire jour (p. ex. en matière de site, paysage, écologie, qualité de l'habitat, sécurité routière, etc.) en mesurant l'ampleur de l'atteinte (faible, moyenne ou forte). Ne pouvant être réduits à une grille d'analyse microéconomique, ces aspects doivent être pris en compte au moyen de critères qualitatifs.

**Tab. 1 > Liste de contrôle pour évaluer les atteintes occasionnées par les mesures de protection contre le bruit.**

Critères	Ampleur de l'atteinte		
	Faible	Moyenne	Forte
Effets sur le site			
Défiguration du paysage			
Préjudice écologique (effet de séparation pour la faune, régime hydrologique, etc.)			
Effets sur la qualité de l'habitat des riverains (réfléchissement lumineux, vue, etc.)			
Effets sur la sécurité routière			
Autres effets			

Les atteintes faibles ne nécessitent pas de traitement spécifique dans la suite de la planification.

atteintes faibles

Les atteintes moyennes n'impliquent aucune remise en cause du projet de protection contre le bruit, dont la priorité est reconnue. Les éventuels points d'achoppement doivent toutefois être débattus avec les personnes concernées et les experts afin d'être atténués autant que possible par des adaptations du projet.

atteintes moyennes

Si, dans un ou plusieurs domaines, des atteintes fortes sont jugées intolérables par les experts mandatés, les maux engendrés par le projet sont considérés plus grands que l'avancée offerte en matière de bruit. Dans ce cas, des solutions de remplacement doivent être recherchées avec les personnes concernées et les experts.

atteintes fortes

## 2.2 Problématique

Les expériences faites avec le modèle d'origine montrent que l'évaluation de l'efficacité et de l'efficience aboutit très souvent au résultat «Réalisation à étudier de façon plus approfondie». La même remarque s'applique aussi aux situations suivantes:

- > Efficacité marginale – autrement dit, lorsque l'efficacité est élevée, les coûts peuvent également s'avérer très élevés (faible efficience),
- > Efficience marginale – autrement dit, lorsque l'efficience est élevée, le taux de réalisation des objectifs (efficacité) peut être très faible.

Le modèle actuel ne précise pas comment ni selon quels critères doit se dérouler une appréciation tombant dans le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie».

En outre, la comparaison de plusieurs variantes est compliquée par l'emploi de deux caractéristiques (l'efficacité et l'efficacé). Dès lors, il faut jongler avec six indicateurs pour comparer trois variantes, avec huit indicateurs pour quatre variantes, et ainsi de suite.

### 2.3 Approche préconisée

Désormais, il est proposé de calculer un indice de caractère économiquement supportable (WTI) sur la base du modèle défini dans le SRU 301. Le calcul et l'évaluation monétaire de l'utilité maximale possible (étape A) ainsi que la pesée des intérêts (étape B.1) demeurent inchangés. L'appréciation de l'étape B.1 a été affinée pour produire des résultats sans ambiguïté, y compris dans le champ des situations marginales décrites précédemment.

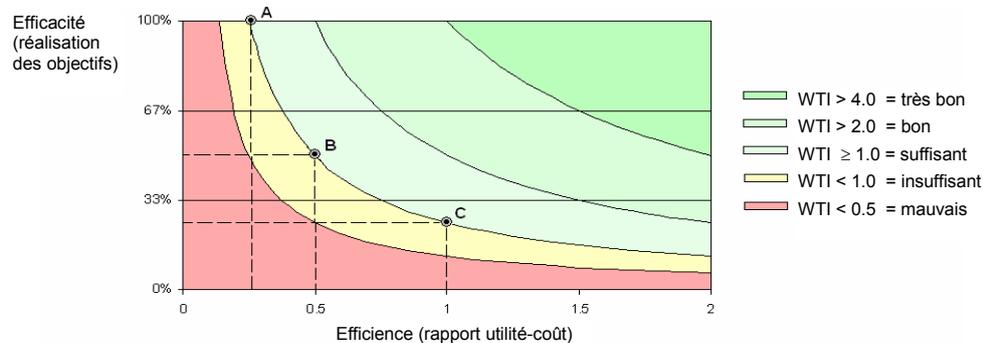
Le WTI se calcule de la manière suivante:

$$\text{WTI} = \text{Efficacité} * \text{Efficacé} / 25$$

L'appréciation s'opère selon les classes:

- > WTI >4.0 = très bon
- > WTI >2.0 = bon
- > WTI ≥1.0 = suffisant
- > WTI <1.0 = insuffisant
- > WTI <0.5 = mauvais

**Fig. 4 > Proposition de nouveau diagramme efficacité/efficacé.**



---

La limite pour une appréciation au niveau «suffisant» (soit un  $WTI \geq 1,0$ ) est définie comme hypothèse de travail de la manière suivante:

- > Pour une efficacité (taux de réalisation des objectifs) de 100%, le coût en termes d'économie publique peut être quatre fois plus élevé que l'utilité (efficience = 0,25; efficacité = 100%;  $WTI = 1,0$ ), point A de la figure 2.3.
- > Pour une efficacité de 50%, le coût en termes d'économie publique peut être deux fois plus élevé que l'utilité (efficience = 0,5; efficacité = 50%;  $WTI = 1,0$ ), point B de la figure 2.3.
- > Pour une efficacité de 25%, le coût en termes d'économie publique peut être équivalent à l'utilité (efficience = 1,0; efficacité = 25%;  $WTI = 1,0$ ), point C de la figure 2.3.

Ces définitions aboutissent à une fonction qui sépare une note de niveau «suffisant» à «très bon» (vert) d'une appréciation de niveau «insuffisant» à «mauvais» (jaune/rouge). Les deux champs principaux en vert ( $WTI \geq 1$ ) et jaune/rouge ( $WTI < 1$ ) sont encore affinés en cinq classes  $WTI$  ( $<0,5$ ;  $<1$ ;  $\geq 1$ ;  $>2$ ;  $>4$ ) en vue de l'appréciation.

---

## 3 > Démarche / méthode

---

### 3.1 Objectif

L'hypothèse avancée a été testée à l'aide de modélisations de différentes structures de construction standard et de diverses mesures d'assainissement. Les résultats ainsi obtenus ont ensuite été comparés aux conclusions d'analyses CESP déjà disponibles et aux instruments d'aide à la décision utilisés jusqu'à présent par l'OFEV et l'OFROU (coût maximal par maison protégée, coût maximal par appartement protégé, coût maximal par habitant exposé et réduction du bruit en dBA).

### 3.2 Démarche

La démarche adoptée a été la suivante:

- > Obtention auprès de l'OFEV et des cantons de projets d'assainissement phonique des routes ayant donné lieu à des analyses CESP.
- > Définition des bases de coûts pour les mesures de protection contre le bruit.
- > Détermination des structures de construction standard pour les modélisations CESP.
- > Définition de la matrice d'analyse (combinaison type de mesure avec structure de construction).
- > Réalisation de modélisations et calcul de la limite supérieure du caractère économiquement supportable, de l'efficacité, de l'efficacé et du WTI.
- > Comparaison des appréciations délivrées respectivement par le modèle SRU 301 avec WTI et par les estimations approximatives de l'OFEV et de l'OFROU.

### 3.3 Conditions-cadres

L'étude a ignoré les mesures de protection contre le bruit qui n'occasionnaient pas de coûts directs (p. ex. limitations de vitesse, modifications du régime de circulation). De même, elle n'a pas pris en compte les coûts d'assainissement de fenêtres, envisagés comme des mesures alternatives après un octroi d'allégements.

### 3.4 Bases relatives aux projets déjà étudiés

Les requêtes adressées à l'OFEV et aux services cantonaux spécialisés ont permis de constater que seule une minorité de projets d'assainissement autorisés ou en cours d'autorisation avait donné lieu à des calculs CESP selon le modèle SRU 301. La

société Grolimund & Partner AG disposait d'autres calculs CESP qui avaient été établis pour des études de variantes.

De la sorte, l'étude a pu s'appuyer sur 11 projets (exclusivement situés le long d'autoroutes) suffisamment documentés en matière d'analyses CESP:

- > A1 Birrhard: parois antibruit et revêtements
- > A1 Brunegg: parois antibruit et revêtements
- > A2 Capolago: parois antibruit et habillage phonoabsorbant des murs de soutènement
- > A12 Chamblieux: recouvrement
- > A2 Erstfeld: recouvrement
- > A2 Erstfeld – Amsteg: parois antibruit et revêtements
- > A3 Frick: revêtement, semi-couverture, rehaussement des parois antibruit
- > A1 Lenzburg: parois antibruit, revêtements et semi-couverture
- > A1 Othmarsingen: parois antibruit et revêtements
- > A2 Seedorf – Amsteg: revêtements
- > A2 Zofingen: semi-couverture

Ces projets sont décrits dans les annexes 1 à 11.

3.5

### **Examen des structures de construction et des mesures de protection contre le bruit**

Trois types de structures de construction standard ont été définis pour les modélisations (cf. annexe 12):

- > Structure à caractère urbain, présentant une densité de construction de 9 bâtiments de 3 à 12 étages, accueillant 170 appartements et 510 habitants (3 par appartement)
- > Structure à caractère peri-urbain, présentant une densité de construction de 12 bâtiments de 3 à 4 étages, accueillant 58 appartements et 174 habitants (3 par appartement)
- > Structure à caractère rural, présentant une densité de construction de 12 bâtiments de 1 à 3 étages, accueillant 14 appartements et 42 habitants (3 par appartement)

Une autoroute à quatre voies (d'une largeur de 20 m) a été définie comme étant la source du bruit. Les émissions ont été choisies de façon à ce que, à l'état initial (sans mesure particulière aux points de réception), elles induisent des dépassements de la valeur limite d'immission du degré de sensibilité au bruit II de 8 dBA au maximum. Sauf approximation, cette approche s'applique également aux situations caractérisées par une intensité de trafic et une distance entre les constructions et la route deux fois moins élevées (soit une configuration assimilable à celle de routes principales très fréquentées).

Les modélisations ont permis d'analyser les mesures de protection contre le bruit suivantes:

- > Parois antibruit formant un écran de 2 à 5 mètres.
- > Revêtements routiers phonoabsorbants. Plusieurs cas de figure ont été envisagés: premièrement, un revêtement d'assainissement d'une durée de service de 25 ans ayant un effet de  $-3$  dBA par rapport à la chaussée d'origine (exemple: remplacement d'un vieux revêtement en béton avec  $K_B = +5$  dBA par un revêtement AC 11 de  $K_B = +2$  dBA), deuxièmement, un revêtement d'assainissement ayant un effet de  $-5$  dBA et une durée de service de 12,5 ans (exemple: remplacement d'un revêtement AC 11 avec  $K_B = +2$  dBA par un revêtement PA 8/11 de  $K_B = -3$  dBA) et, troisièmement, un revêtement d'assainissement ayant un effet de  $-5$  dBA et une durée de service de 25 ans. L'effet insonorisant de 3 à 5 dBA dans le calcul CESP correspond à la différence de niveau sonore entre le revêtement d'assainissement et la chaussée d'origine (à ne pas confondre avec la correction des émissions du revêtement par rapport au modèle StL-86+).
- > Combinaison de parois antibruit et de revêtements phonoabsorbants.
- > Recouvrements avec des variantes de longueur de protection de 100%, 66% et 33% de la zone habitée.
- > Combinaison de recouvrements (66% et 33% de la zone habitée) avec des revêtements phonoabsorbants sur les portions non couvertes. Cette manière de procéder correspond peu ou prou à l'approche [combinaison de recouvrements et des parois antibruit pour les portions non couvertes].

### 3.6 Matrice d'analyse

Sur la base des structures de construction et des mesures de protection contre le bruit définies, des modélisations ont été établies pour les cas décrits dans la matrice suivante.

**Tab. 2 > Matrice d'analyse avec modélisations WTI (zone grisée).**

Structures de construction	Mesures de protection contre le bruit				
	I PAB	II Revêt.	III PAB + revêt.	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
<b>A</b> Caractère urbain	A I	A II	A III	A IV	A V
<b>B</b> Caractère peri-urbain	B I	B II	B III	B IV	B V
<b>C</b> Caractère rural	C I	C II	C III		

Les deux combinaisons [structure de construction en zone rurale avec recouvrements] et [recouvrements avec revêtements d'assainissement] n'ont pas été analysées car une étude préliminaire simple a révélé qu'elles n'étaient pas économiquement supportables.

Les modélisations (annexes 13 à 21) ainsi que les projets utilisés comme base de comparaison (annexes 1 à 11) sont assortis (en haut à droite) d'un des codes matriciels détaillés dans le tableau ci-dessus (figure 3.6).

### 3.7 Bases de coûts et durée de vie appliqués

Pour chacune des mesures de protection contre le bruit, les coûts suivants ont été appliqués:

> Parois antibruit	1200.- / m <sup>2</sup>
> Revêtement d'assainissement (effet -3 dBA)	30.- / m <sup>2</sup>
> Revêtement d'assainissement (effet -5 dBA)	35.- / m <sup>2</sup>
> Adaptation du drainage *	120.- / m'
> Service hivernal supplémentaire *	10.- / m' an
> Suivi du revêt. d'assain. (durée de service 12,5 ans) *	1440.- / km an
> Suivi du revêt. d'assain. (durée de service 25 ans) *	1160.- / km an
> Recouvrement	5000.- / m <sup>2</sup>

Les coûts marqués d'un astérisque (\*) sont uniquement pris en compte pour les revêtements d'assainissement ayant un effet insonorisant de -5 dBA (asphalte drainant).

Les coûts ont été établis sur la base de projets d'assainissement menés par différents cantons, puis ont été vérifiés par l'OFEV et l'OFROU.

Étant donné que les revêtements d'assainissement sur autoroutes couvrent souvent de longues distances, le coût du revêtement a été calculé de manière générale sur un kilomètre pour les trois structures de construction, et ce, pour une longueur de zone habitée d'environ 300 m.

La durée de vie (période d'amortissement) des parois antibruit a été estimée à 25 ans, tout comme celle des revêtements d'assainissement ayant un effet insonorisant de -3 dBA. Pour les revêtements ayant un effet de -5 dBA, les conséquences d'une durée de service de 12,5 ans et de 25 ans ont également été prises en compte. Un revêtement d'une durée de service de 12,5 ans sera posé deux fois en 25 ans, ce qui augmente d'autant les coûts de revêtement. Pour les recouvrements, la durée de vie a été fixée à 50 ans.

### 3.8 Estimations approximatives OFEV / OFROU

Outre le modèle SRU 301, l'OFEV et l'OFROU ont également eu recours, dans le passé, à des estimations approximatives permettant de vérifier le caractère économiquement supportable et la proportionnalité des mesures. Celles-ci envisageaient le coût maximal des mesures de protection contre le bruit à l'aide des trois paramètres suivants:

- 
- > Coût par maison protégée:            environ 80'000 francs (routes cantonales)  
   de 150'000 à 250'000 francs (routes nationales)
  - > Coût par réduction du bruit  
  en dBA et par habitant:            à 5'000.–
  - > Coût par appartement protégé:    30'000.– à 40'000 francs

## 4 > Résultats de l'analyse

### 4.1 Documentation des résultats

Les bases et les principaux résultats des analyses CESP des projets existants sont rassemblés dans les annexes 1 à 11. Ces dernières comportent les informations suivantes:

projets existants

- > En-tête avec les principales informations de base (mesures, type de route, localisation sommaire via le canton, code matriciel pour la structure de construction et le type de mesure selon figure 3.6).
- > Descriptif des infrastructures à assainir et des communes concernées, accompagné d'un plan d'ensemble de la zone.
- > Matrice de la structure de construction et des mesures de protection contre le bruit avec classification du projet.
- > Coût des mesures de protection contre le bruit indiqué dans le dossier de projet.
- > Indicateurs du caractère économiquement supportable (étape A: limite supérieure et B: pesée des intérêts), complétés par le WTI.
- > Évaluation du caractère économiquement supportable en fonction des anciennes catégories («Réalisation recommandée», «Réalisation à étudier de façon plus approfondie», «Réalisation non recommandée») et selon la nouvelle approche du WTI.

Les modélisations complémentaires effectuées sur la base des trois structures de construction standard ont été réalisées dans le module SE (Soutenabilité économique) du programme de calcul du bruit routier SLIP (Strassenlärm-Immissionsprognosen) de Grolimund & Partner AG. Les résultats sont détaillés dans les annexes 13 à 21, structurées comme suit:

modélisations

- > Diagramme efficacité/efficacités avec résultats des modélisations pour les variantes de mesures analysées dans les trois structures de construction standard.
- > Comparaison des résultats des modélisations avec l'évaluation ressortant des catégories du WTI et de la liste de contrôle OFEV/OFROU. Les champs pour lesquels soit le WTI est inférieur à 1,0 soit le coût des mesures de protection contre le bruit (par maison, par dBA et habitant ou par appartement) est supérieur aux coûts maximaux présentés au chapitre 3.8 ont été signalés en grisé.

Les études CESP disponibles avec le même typage de structures de construction et de mesures de protection contre le bruit sont également représentées dans le diagramme efficacité/efficacités pour permettre la comparaison avec les modélisations.

Dans les chapitres 4.2 à 4.8, les résultats des analyses de modèles sont commentés selon la structure suivante:

- > Considérations générales sur l'efficienne du groupe de mesures (coût-utilité)
- > Considérations générales sur l'efficacité du groupe de mesures (taux de réalisation des objectifs)
- > Comparaison de l'évaluation selon le modèle SRU 301 et selon la nouvelle approche avec le WTI
- > Comparaison avec les projets de référence existants
- > Remarques relatives aux estimations approximatives

#### 4.2 Parois antibruit

Annexe 13

- > Lorsque les obstacles ont un dimensionnement suffisant sur le plan acoustique, l'efficienne croît avec l'augmentation de la densité de construction de «rural» à «urbain». Les hauteurs d'obstacles optimales pour les structures de construction considérées sont de 4 à 5 m en zones rurale et peri-urbaine, et de 5 m et plus en milieu urbain.
- > Indépendamment de la hauteur de l'obstacle, l'efficacité recule avec l'augmentation de la densité de construction. À hauteur d'obstacle identique, l'efficacité est nettement meilleure pour les structures situées en zone rurale que pour celles en milieu urbain. En dessous de l'efficacité marginale, le surcoût occasionné par les parois est plus ou moins compensé par le surcroît d'utilité.
- > Avec le modèle d'origine, toutes les variantes calculées se situent dans le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie». L'emploi du WTI permet un constat nettement plus nuancé. Ainsi, un obstacle de 4 m de haut obtient une bonne note en zone peri-urbaine, alors qu'un obstacle de 2 m donne une pesée des intérêts insuffisante. Enfin, le WTI des structures de construction plutôt rurales est inférieur à 1 (insuffisant) pour toutes les hauteurs d'obstacles étudiées.
- > Le projet de référence Capolago est gratifié de la note «très bon» (WTI >4), tandis que le projet Frick est jugé «insuffisant», voire «mauvais» (WTI <0,5).
- > L'évaluation selon les critères de coût par maison, de coût par dBA et habitant ainsi que les coûts par appartement recoupe l'appréciation obtenue par le biais du WTI. Les obstacles de 5 m constituent une exception tant en zone urbaine que peri-urbaine. La considération du coût par effet dBA et habitant est en complète adéquation avec les résultats du modèle d'origine. En milieu urbain, le montant de 250 000 francs par maison pourrait être trop faible.

#### 4.3 Revêtements

Annexe 14

- > L'efficienne croît avec l'augmentation de la densité de construction de «rural» à «urbain» et avec l'accroissement de la durée de service des revêtements.
- > L'efficacité dépend uniquement de l'effet acoustique du revêtement, et non du type de structure de construction.
- > Avec le modèle d'origine, toutes les variantes calculées pour les zones plutôt urbaines ainsi que pour la meilleure variante peri-urbaine se situent dans le champ «Réalisation recommandée»; et tous les autres assainissements, dans le champ «Réalisa-

tion à étudier de façon plus approfondie». Là encore, l'emploi du WTI permet un constat nettement plus nuancé. Ainsi, les variantes de revêtement en milieux urbain et peri-urbain sont gratifiées de notes comprises entre «bon» et «très bon», tandis que les assainissements de chaussées dans les zones plutôt rurales obtiennent la mention «insatisfaisant» ( $WTI < 1$ ).

- > Le projet de référence Frick obtient une note comprise entre «satisfaisant» et «bon». L'assainissement de la totalité de l'Unterland uranais (Seedorf – Amsteg) est jugé «mauvais», car la densité de construction et le nombre des dépassements de valeurs limites sont trop faibles par rapport à la longueur du tronçon.
- > L'évaluation selon les critères de coût par maison, de coût par dBA et habitant ainsi que les coûts par appartement recoupe l'appréciation par le biais du WTI.

#### 4.4 **Parois antibruit et revêtement, effet –3 dBA (durée de service de 25 ans)**

Annexe 15

- > L'efficacité croît avec l'augmentation de la densité de construction de «rural» à «urbain». Les hauteurs d'obstacles optimales pour les structures de construction considérées sont de 3 à 4 m en zones rurale et peri-urbaine, et de 5 m et plus en milieu urbain.
- > À hauteur d'obstacle égale, l'efficacité recule avec l'augmentation de la densité de construction. À obstacle identique, l'efficacité est nettement meilleure pour les structures situées en zone rurale que pour celles des milieux urbains.
- > Avec le modèle d'origine, les mesures en milieu urbain décrochent la note «Réalisation recommandée» mais se soldent par une mention «Réalisation à étudier de façon plus approfondie» en zones rurale et peri-urbaine. L'emploi du WTI permet un constat nettement plus précis. Ainsi, les variantes de revêtement en milieux urbain et peri-urbain sont gratifiées de la note «bon», tandis que les assainissements situés dans des zones plutôt rurales obtiennent la mention «insatisfaisant» ( $WTI < 1$ ). Cette évaluation n'étant toutefois pas catégorique, il est possible que dans des cas comprenant de nombreux biens-fonds critiques, un assainissement obtienne un  $WTI \geq 1$  et soit ainsi jugé suffisant.
- > Les projets de référence Brunegg, Birrhard et Othmarsingen sont gratifiés de la note «bon», et les assainissements de Lenzburg et d'Erstfeld obtiennent un avis «suffisant».
- > L'évaluation selon les critères de coût par maison révèle des écarts en matière de hauteurs maximales en milieux urbain et peri-urbain. En ces endroits, le montant de 250 000 francs par maison pourrait être trop faible. La considération du coût par dBA et par habitant recoupe l'appréciation obtenue par le WTI. L'évaluation via les coûts par appartement en milieu peri-urbain s'avère problématique.

#### 4.5 **Parois antibruit et revêtement, effet –5 dBA (durée de service de 12,5 ans)**

Annexe 16

- > Les considérations sur l'efficacité et l'efficacité ainsi que la comparaison de l'évaluation selon le modèle d'origine et le WTI rejoignent les commentaires détaillés au paragraphe 4.4 (PAB + revêtement –3dBA).

- > Le projet de référence Erstfeld Nord – Amsteg (pont sur la Reuss, Grund) est jugé «suffisant» à «bon» si l'on se réfère au WTI.
- > L'évaluation selon le critère de coût par maison révèle de fortes variations. Là encore, le montant de 250 000 francs par maison pourrait être trop faible. La considération du coût par dBA et par habitant recoupe l'appréciation obtenue par le WTI. L'évaluation via les coûts par appartement en milieu peri-urbain s'avère problématique.

4.6

#### **Parois antibruit et revêtement, effet –5 dBA (durée de service de 25 ans)**

Annexe 17

- > Les considérations sur l'efficacité et l'efficacités ainsi que la comparaison de l'évaluation selon le modèle d'origine et le WTI rejoignent pour l'essentiel les commentaires détaillés aux paragraphes 4.4 et 4.5 (PAB + revêtement).
- > En outre, on peut signaler que l'efficacité s'accroît et, avec elle, le WTI, à mesure que l'effet acoustique du revêtement augmente. Lorsque la durée de service du revêtement est doublée, à effet acoustique égal et à efficacité constante, l'efficacité s'accroît et le WTI s'améliore.
- > Les projets de référence sont notés de «suffisant» à «très bon».
- > L'évaluation selon le critère de coût par maison révèle des écarts considérables (montant de 250 000 francs par maison trop faible). La considération du coût par dBA et par habitant recoupe l'appréciation obtenue par le WTI. L'évaluation via les coûts par appartement en milieu peri-urbain s'avère problématique.

4.7

#### **Recouvrements**

Annexe 18

- > L'efficacité croît avec l'augmentation de la densité de construction (autrement dit, au fur et à mesure que le nombre de personnes protégées progresse).
- > L'efficacité des recouvrements longs est meilleure que celle des ouvrages qui ne protègent pas toutes les personnes exposées.
- > Avec le modèle d'origine, les recouvrements courts se situent plutôt dans le champ «Réalisation non recommandée»; ceux qui protègent environ 50% des maisons en situation critique sont «à étudier de façon plus approfondie». Pour les structures de construction et les dépassements de valeurs limites étudiés, l'emploi du WTI se solde par la note «mauvais» (WTI <0,5) quelle que soit la variante envisagée.
- > Les recouvrements présentent en général une efficacité plutôt élevée (taux de réalisation des objectifs) et une efficacité faible (coût).
- > Les projets de référence Chamblieux et Zofingen sont jugés «suffisant», et les recouvrements de Frick et Erstfeld, «mauvais».
- > La prise en compte des coûts maximaux exposés au chapitre 3.8 aboutit au verdict «insuffisant» quelle que soit la variante envisagée.
- > S'agissant précisément des recouvrements, il est essentiel de ne pas négliger d'autres aspects (protection des paysages et des sites, dégradation de l'environnement sonore en milieu urbain, effet barrière des différents modes de transport, gain de terrain po-

tentiellement constructible). Les plus-values doivent être chiffrées et rapportées aux coûts.

4.8

### Recouvrements combinés à des revêtements

Annexes 19-21

- > Dans ces variantes, les recouvrements ne protègent qu'une partie des biens-fonds critiques. On part donc du principe que des revêtements peu bruyants sont posés aux abords immédiats des zones couvertes. Il est possible d'atteindre aussi les mêmes effets de  $-3$  à  $-5$  dBA, par exemple avec des parois antibruit complémentaires. Les constats suivants s'appliquent aussi aux recouvrements combinés à des obstacles à la propagation du bruit.
- > L'efficacité croît avec l'augmentation de la densité de construction (autrement dit, au fur et à mesure que le nombre de personnes protégées progresse). Vu le coût élevé du recouvrement, l'efficacité n'est guère modifiée par l'effet ou le coût des mesures complémentaires (parois, revêtements).
- > L'efficacité des recouvrements longs est meilleure que celle des ouvrages qui ne parviennent pas à protéger toutes les personnes exposées. Les mesures complémentaires peuvent permettre une nette amélioration de l'efficacité des recouvrements courts.
- > Avec le modèle d'origine, toutes les variantes se situent dans le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie». Pour les structures de construction et les dépassements de valeurs limites étudiés, l'emploi du WTI se solde par une appréciation plus nuancée. Ainsi, les projets présentant une longueur optimale et des mesures complémentaires pourraient atteindre un  $WTI > 1$ , si un nombre important de personnes était exposé à des dépassements notables des valeurs limites.
- > Aucun projet comparable n'a pu être pris en compte dans les analyses.
- > La prise en compte des coûts maximaux exposés au chapitre 3.8 aboutit au verdict «insuffisant» quelle que soit la variante envisagée.

## 5 > Conclusions / sensibilité

---

### 5.1 Conclusions

Les résultats des analyses permettent de tirer les conclusions suivantes:

- > L'appréciation des projets par le biais du WTI coïncide bien avec les champs «Réalisation recommandée» ou «Réalisation non recommandée» avancés dans le modèle SRU 301 d'origine.
- > Pour le champ «Réalisation à étudier de façon plus approfondie», le WTI permet en outre d'obtenir des évaluations et comparaisons de variantes plus explicites que le modèle actuel.
- > Les résultats des analyses ont validé l'hypothèse de travail relative au nouvel indice WTI et à ses cinq classes d'évaluation.

Pour chacun des groupes de mesures (obstacles, revêtements, recouvrements, combinaisons), divers enseignements ont pu être tirés:

- > Des hauteurs de parois antibruit plus élevées peuvent accroître l'efficacité sans influencer beaucoup sur l'efficacité, car les effets du surcroît d'utilité et du surcroût s'annulent plus ou moins. Le WTI augmente avec la hauteur des parois antibruit – même en tenant compte de la structure de construction – et constitue une avancée. Toutefois, l'expérience montre que les hauteurs d'obstacles maximales ne sont la plupart du temps pas guidées par un souci de protection contre le bruit mais par des préoccupations ayant trait à la préservation des sites et des paysages, à la faisabilité technique ou à d'autres aspects.
- > Le WTI des assainissements de revêtements croît au fur et à mesure que leur efficacité acoustique et leur durée de service augmentent. Ce constat confirme qu'une appréciation via le WTI a fait ses preuves.
- > Lorsque les recouvrements sont employés comme seule et unique mesure de protection sur l'ensemble d'une zone habitée, le WTI donne toujours une note relativement mauvaise du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité. Seul un recouvrement optimisé en longueur et complété par des mesures (obstacles à la propagation, revêtements) permet d'améliorer l'appréciation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité.
- > L'appréciation des objets de référence disponibles recoupe bien la nouvelle approche d'évaluation définie.
- > Pour les projets simples et les mesures de protection des propriétés individuelles ou des petits groupes de bâtiments, l'évaluation du caractère économiquement supportable et de la proportionnalité et, partant, la prise en compte du coût maximal peut s'effectuer par le biais des critères suivants:

- 5000 francs par effet dBA et habitant (CHF / dBA \* habitant),
- Coût maximal par bien-fonds (CHF / bien-fonds).

Cette deuxième valeur dépend de la taille de l'objet ainsi que de son état, de son utilisation et de sa situation. En zone rurale ou peri-urbaine, la somme de 250'000 francs semble être un ordre de grandeur raisonnable, mais elle est insuffisante en milieu urbain ou pour les grands ensembles d'immeubles locatifs.

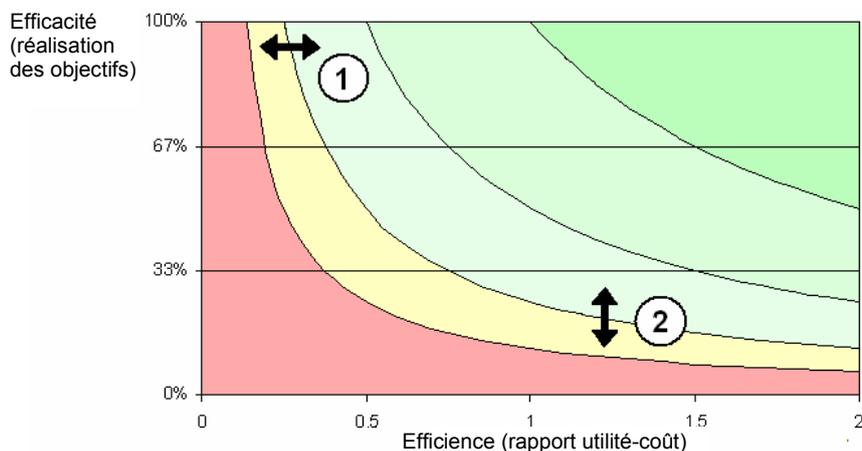
La prise en compte du coût par appartement livre des résultats à peine exploitables.

5.2

## Sensibilité

- > De manière générale, les analyses sont fondées sur un coût plutôt élevé. Cela signifie qu'à efficacité constante, l'efficacité pourrait être un peu plus élevée et que les appréciations seront légèrement plus favorables.
- > Compte tenu de la forme des courbes d'appréciation, de petites modifications du coût avec une efficacité élevée 1 ainsi que de petites variations de l'utilité avec une efficacité élevée 2 se traduit rapidement par des changements de classe, et ce, notamment lorsque le WTI avoisine 1,0.

Fig. 5 > Sensibilité en zones marginales.



- > La fiabilité et la comparabilité des évaluations CESP dépendent assez fortement des hypothèses de coûts, de la collecte des données de base (isophones, calculs de surfaces, affectation aux classes d'exposition, calcul SBP, etc.) et d'une utilisation appropriée des programmes de simulation.

---

## 6 > Outil de calcul

---

Un outil de calcul développé sur la base de la présente aide à l'exécution est téléchargeable à l'adresse suivante:

<http://www.environnement-suisse.ch/publications> > Bruit

Un mode d'emploi et un exemple de calcul sont également à disposition à cette même adresse. Ils permettent de se familiariser avec l'outil. L'illustration de l'exemple de calcul se trouve en annexe 3 et les instructions au chapitre 3 du mode d'emploi.

L'outil de calcul se base en grande partie sur les algorithmes du Cahier de l'Environnement n° 301. Certaines précisions ainsi que des valeurs par défaut standard facilitent l'introduction des données. L'évaluation est optimisée selon les principes de la présente aide à l'exécution.

## > Annexes

### Récapitulatif des analyses CESP des projets existants

1	A1	Birrhard	31
2	A1	Brunegg	32
3	A2	Capolago	33
4	A12	Chamblioux	34
5	A2	Erstfeld	35
6	A2	Erstfeld – Amsteg	36
7	A3	Frick	38
8	A1	Lenzburg	40
9	A1	Othmarsingen	41
10	A1	Seedorf – Amsteg	42
11	A2	Zofingen	43

### Modélisations

12	Structures du milieu bâti		44
13	Parois antibruit		45
14	Revêtements		47
15	Parois antibruit et revêtement –3 dBA <sup>1</sup> (durée de service de 25 ans)		49
16	Parois antibruit et revêtement –5 dBA <sup>1</sup> (durée de service de 12,5 ans)		51
17	Parois antibruit et revêtement –5 dBA <sup>1*</sup> (durée de service de 25 ans)		53
18	Recouvrements		55
19	Recouvrements et revêtement –3 dBA <sup>1</sup> (durée de service de 25 ans)		57
20	Recouvrements et revêtement –5 dBA <sup>1</sup> (durée de service de 12,5 ans)		59
21	Recouvrements et revêtement –5 dBA <sup>1</sup> (durée de service de 25 ans)		61

<sup>1</sup> Pour les revêtements routiers phonoabsorbants, plusieurs cas de figure ont été envisagés: premièrement, un revêtement d'assainissement d'une durée de service de 25 ans ayant un effet de -3 dBA par rapport à la chaussée d'origine (exemple: remplacement d'un vieux revêtement en béton avec  $K_B = +5$  dBA par un revêtement AC 11 de  $K_B = +2$  dBA), deuxièmement, un revêtement d'assainissement ayant un effet de -5 dBA et une durée de service de 12,5 ans (exemple: remplacement d'un revêtement AC 11 avec  $K_B = +2$  dBA par un revêtement PA 8/11 de  $K_B = -3$  dBA) et, troisièmement, un revêtement d'assainissement ayant un effet de -5 dBA et une durée de service de 25 ans. L'effet insonorisant de 3 à 5 dBA dans le calcul CESP correspond à la différence de niveau sonore entre le revêtement d'assainissement et la chaussée d'origine (à ne pas confondre avec la correction des émissions du revêtement par rapport au modèle STL-86+).

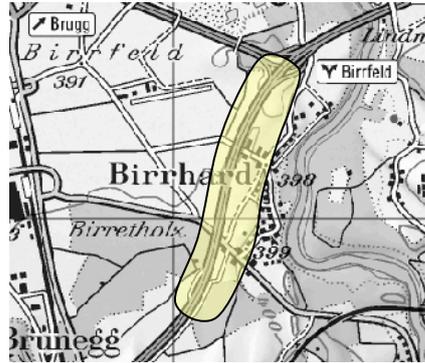
1 Revêtements et parois antibruit, autoroute A1, canton d'Argovie

C / III

**Tronçon étudié:**  
 - Autoroute A1, km 265.0–267.8

**Commune:**  
 - **Birrhard**

**Périmètre d'investigation:**



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II revêtement routier	III Paroi + revêt. routier	IV Recouvre- ment	V Recouvre- ment + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural			<b>X</b>		

**Coûts:**

Variantes de mesures antibruit		Coûts totaux:	Période de référence:
- SMA et parois antibruit		3'464'000.–	25 ans
- DRA et parois antibruit		3'980'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Revêtement SMA:	30.–/m <sup>2</sup>		
Revêtement DRA:	30.–/m <sup>2</sup>	Entretien supplémentaire du DRA:	38'160.–/an
Parois antibruit:	800.–/m <sup>2</sup>		

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**  
 Utilité monétarisée maximale: 316'195.– capitalisé à 5%: 6'323'900.–

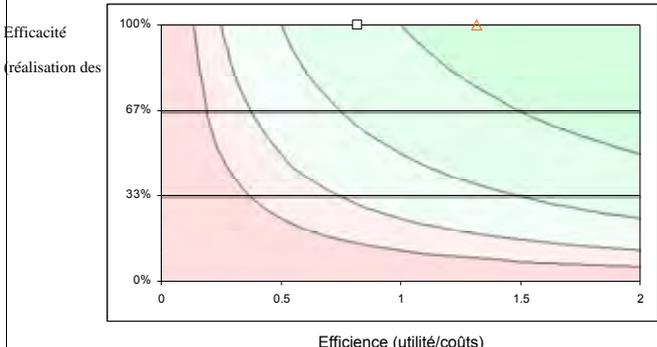
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupa- tion du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> SMA et LSW	actuel	251'457	205'361	0.82	100	3.3
<input checked="" type="checkbox"/> DRA et LSW	actuel	188'520	249'757	1.32	100	5.3

**Appréciation:**

<input type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé		
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé		
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input checked="" type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



	très bon	WTI > 4.0
	bon	WTI > 2.0
	suffisant	WTI > 1.0
	insuffisant	WTI < 1.0
	mauvais	WTI < 0.5

2 Revêtements et parois antibruit, autoroute A1, canton d'Argovie

C / III

**Tronçon étudié:**

- Autoroute A1, km 263.0-265.0

**Périmètre d'investigation:**

**Commune:**

- Brunegg



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II Revêtement routier	III Paroi + revêt. routier	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural			X		

**Coûts:**

**Variantes de mesures antibruit**

- SMA et parois antibruit
- DRA et parois antibruit

Coûts totaux:	Période de référence:
2'122'000.-	25 ans
2'377'000.-	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Revêtement SMA:	30.-/m <sup>2</sup>		
Revêtement DRA:	30.-/m <sup>2</sup>	Entretien supplémentaire du DRA:	22'380.-/an
Parois antibruit:	800.-/m <sup>2</sup>		

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**

Utilité monétarisée maximale possible: 208'823.- capitalisé à 5%: 4'176'460.-

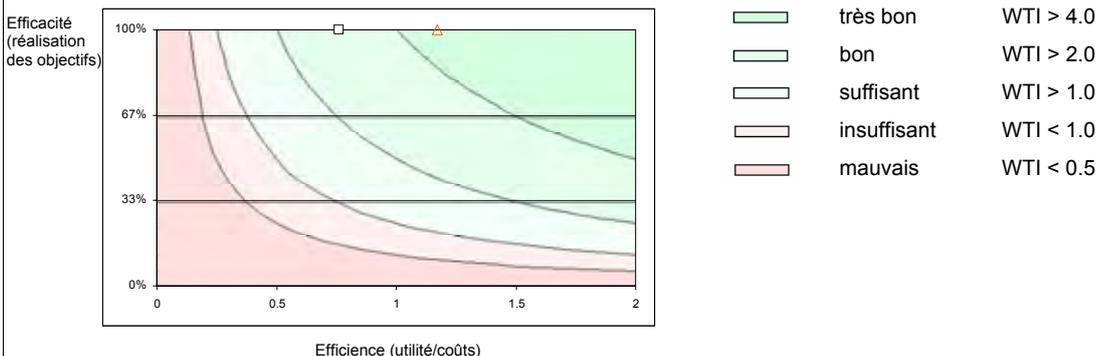
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> SMA et LSW	actuel	154'094	117'863	0.76	100	3.0
<input checked="" type="checkbox"/> DRA et LSW	actuel	113'708	133'504	1.17	100	4.7

**Appréciation:**

- SRU 301     recommandé     à étudier de façon plus approfondie     non recommandé
- nouv. modèle     très bon     bon     suffisant     insuffisant     mauvais
- SRU 301     recommandé     à étudier de façon plus approfondie     non recommandé
- nouv. modèle     très bon     bon     suffisant     insuffisant     mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



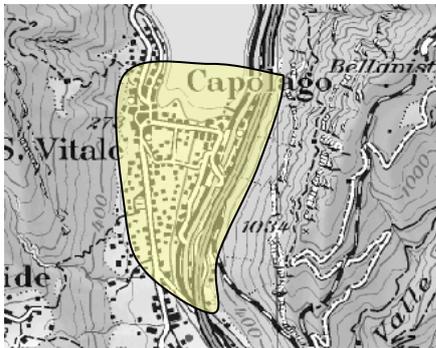
3 Parois antibruit, autoroute A2, canton du Tessin

C / I

**Tronçon étudié:**  
 - Autoroute A2, km 9.90–12.33

**Communes:**  
 - Capolago  
 - Riva San Vitale

**Périmètre d'investigation:**



**Mesures antibruit**

Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II Revêtement routier	III Paroi + revêt. routier	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural	X				

**Coûts:**

Variante de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Parois antibruit et revêtement absorbant sur les murs de soutien	19'100'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Parois antibruit en verre:	1'260.–/m <sup>2</sup>
Revêtement absorbant des murs de soutien:	350.–/m <sup>2</sup>
Parois antibruit sur les ponts:	600.–/m <sup>2</sup>

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**  
 Utilité monétarisée maximale possible: 4'531'495.–      capitalisé à 5%: 90'629'900.–

**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coefficient d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> Parois antibruit et	actuel	1'146'000	4'343'885	3.79	97	14.7
<input checked="" type="checkbox"/> revêt. absorbant	100%	1'146'000	4'390'754	3.83	95	14.6

**Appréciation:**

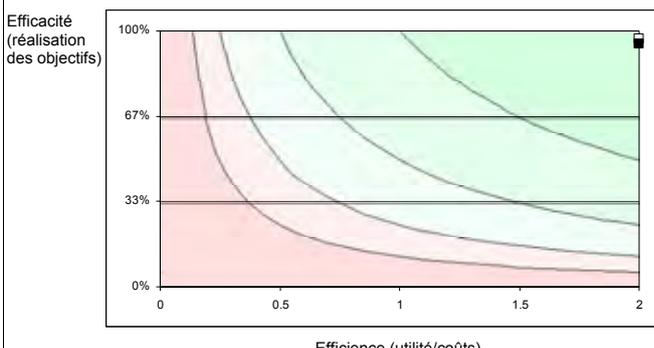
SRU 301       recommandé       à étudier de façon plus approfondie       non recommandé

nouv. modèle       très bon       bon       suffisant       insuffisant       mauvais

SRU 301       recommandé       à étudier de façon plus approfondie       non recommandé

nouv. modèle       très bon       bon       suffisant       insuffisant       mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



<span style="background-color: #008000; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	très bon	WTI > 4.0
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	bon	WTI > 2.0
<span style="background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	suffisant	WTI > 1.0
<span style="background-color: #FFA500; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	insuffisant	WTI < 1.0
<span style="background-color: #FF0000; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span>	mauvais	WTI < 0.5

4 Recouvrements et PAB, autoroute A12, canton de Fribourg

B / I + IV

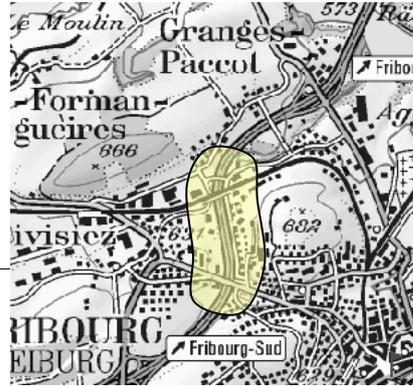
**Tronçon étudié:**

- Autoroute A12, km 50.9–52.5

**Communes:**

- Fribourg (Chamblieux)
- Givisiez
- Granges-Paccot

**Périmètre d'investigation:**



**Mesures antibruit**

Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II Revête- ment	III Paroi + revêt.	IV Recouvre- ment	V recouvre- ment + revêt.
A urbain					
B peri-urbain	X			X	
C rural					

**Coûts:**

**Variantes de mesures antibruit**

- Recouvrement de l'autoroute et parois antibruit

<b>Coûts totaux:</b>	<b>Période de référence:</b>
31'633'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Recouvrement de l'autoroute: 35'000.–/m'  
Parois antibruit: 800.–/m<sup>2</sup>

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**

Utilité monétarisée maximale possible: 1'435'842.– capitalisé à 5%: 28'716'840.–

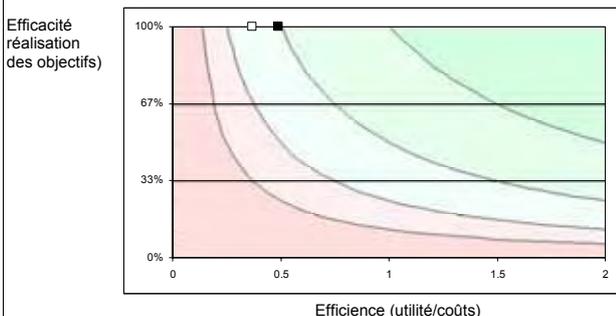
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> Recouvrement et parois antibruit	actuel	1'897'982	705'183	0.37	100	1.5
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	100%	1'897'982	927'495	0.49	100	2.0

**Appréciation:**

- SRU 301     recommandé     à étudier de façon plus approfondie     non recommandé
- nouv. modèle     très bon     bon     suffisant     insuffisant     mauvais
- SRU 301     recommandé     à étudier de façon plus approfondie     non recommandé
- nouv. modèle     très bon     bon     suffisant     insuffisant     mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



- très bon    WTI > 4.0
- bon    WTI > 2.0
- suffisant    WTI > 1.0
- insuffisant    WTI < 1.0
- mauvais    WTI < 0.5

5 Recouvrement, autoroute A2, canton d'Uri

C / IV

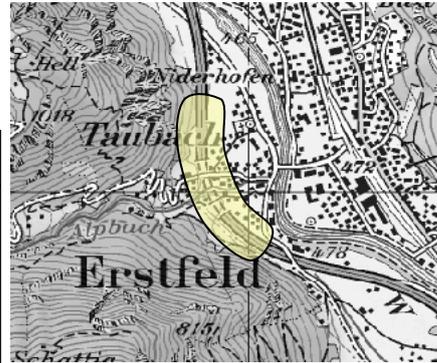
**Tronçon étudié:**

- Autoroute A2, km 150.45–151.24

**Commune:**

- Erstfeld

**Périmètre d'investigation:**



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II Revêtement	III Paroi + revêt.	IV Recouvre- ment	V Recouvre- ment + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural				X	

**Coûts:**

**Variantes de mesures antibruit**

- Recouvrement de l'autoroute (tranchée couverte)

<b>Coûts totaux:</b>	<b>Période de référence:</b>
34'725'600.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Recouvrement de l'autoroute (tranchée couverte): 65'000.–/m'

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**

Utilité monétarisée maximale possible: 42'161.–

capitalisé à 5%: 843'216.–

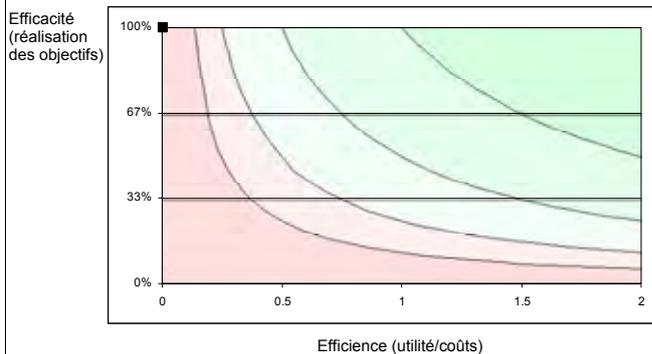
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficiency	Efficacité (%)	Index WTI
■ Recouvrement	actuel	2'083'536	10'369	0.01	100	0.1

**Appréciation:**

- SRU 301   
  recommandé   
  à étudier de façon plus approfondie   
  non recommandé  
 nouv. modèle   
  très bon   
  bon   
  suffisant   
  insuffisant   
  mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



- très bon    WTI > 4.0
- bon    WTI > 2.0
- suffisant    WTI > 1.0
- insuffisant    WTI < 1.0
- mauvais    WTI < 0.5

## 6 Revêtements et parois antibruit, autoroute A2, canton d'Uri

C / III

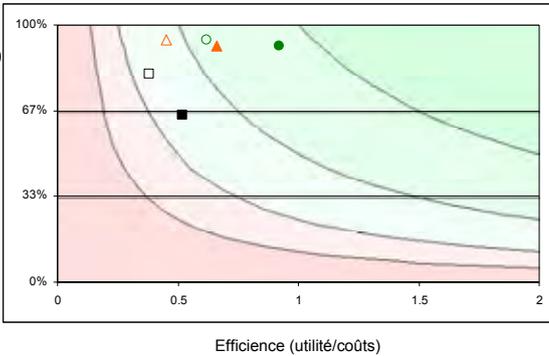
<b>Tronçon étudié:</b> - Autoroute A2, km 148.2–156.3		<b>Périmètre d'investigation:</b>				
<b>Communes:</b> - Erstfeld - Gurtellen						
	<b>Mesures antibruit</b>					
<b>Milieu</b>	<b>I</b> Paroi antibruit	<b>II</b> Revêtement	<b>III</b> Paroi + revêt.	<b>IV</b> Recouvrement	<b>V</b> Recouvrement + revêt.	
<b>A</b> urbain						
<b>B</b> peri-urbain						
<b>C</b> rural			<b>X</b>			
<b>Coûts:</b>						
<b>Variantes de mesures antibruit</b>			<b>Coûts totaux:</b>	<b>Période de référence:</b>		
- SMA et parois antibruit visant le respect des VLI			16'366'230.–	25 ans		
- DRA avec durée de service de 12.5 ans et parois antibruit			17'628'980.–	25 ans		
- DRA avec durée de service de 25 ans et parois antibruit			13'612'480.–	25 ans		
<b>Coûts admis pour le calcul</b>						
Revêtement SMA:		30.–/m <sup>2</sup>	Surveillance DRA 12.5 ans:	144'000.–		
Revêtement DRA:		36.–/m <sup>2</sup>	Surveillance DRA 25 ans:	234'000.–		
Parois antibruit:		1'200.–/m <sup>2</sup>	Entretien supplémentaire DRA:	75'000.–/an		
<b>Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:</b>						
<b>Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)</b>						
Utilité monétarisée maximale possible: 829'667.–			capitalisé à 5%: 16'593'340.–			
<b>Pesée des intérêts (étape B)</b>						
Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
□ SMA et LSW	actuel	981'974	377'822	0.38	81	1.2
■	100%	981'974	510'803	0.52	65	1.4
△ DRA 12.5 et LSW	actuel	1'075'049	483'526	0.45	94	1.7
▲	100%	1'075'049	713'506	0.66	92	2.4
○ DRA 25 et LSW	actuel	776'909	483'526	0.62	94	2.3
●	100%	776'909	713'526	0.92	92	3.4

**Appréciation:**

<input type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input checked="" type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input checked="" type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input checked="" type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**

Efficacité (réalisation des objectifs)



	très bon	WTI > 4.0
	bon	WTI > 2.0
	suffisant	WTI > 1.0
	insuffisant	WTI < 1.0
	mauvais	WTI < 0.5

7 PAB, revêtement et recouvrement partiel A3, canton d'Argovie

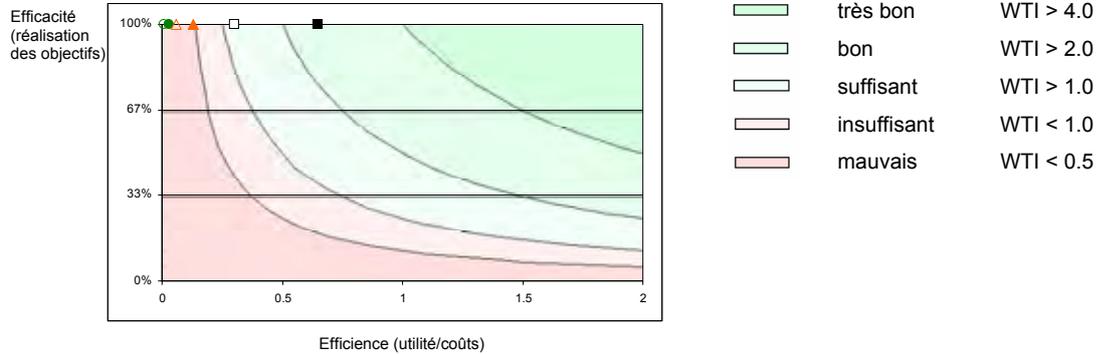
C / I, II, IV

<b>Tronçon étudié:</b> - Autoroute A3, km 36.2–37.7		<b>Périmètre d'investigation:</b> 				
<b>Commune:</b> - Frick		<b>Mesures antibruit</b>				
Milieu	I Paroi antibruit	II Revête- ment	III Paroi + revêt.	IV Recouvre- ment	V Recouvre- ment + revêt.	
A urbain						
B peri- urbain						
C rural	X	X		X		
<b>Coûts:</b>						
<b>Variantes de mesures antibruit</b>						<b>Coûts totaux:</b>
- Revêtement drainant						1'207'500.–
- Recouvrement partiel de l'autoroute (tranchée semi-couverte)						24'000'000.–
- Surélévation des parois antibruit						6'300'000.–
<b>Coûts admis pour le calcul</b>						<b>Période de référence:</b>
Revêtement DRA: 35.–/m <sup>2</sup>						25 ans
Recouvrement partiel: 36'900.–/m <sup>1</sup>						25 ans
Parois antibruit: 1'500.–/m <sup>2</sup>						25 ans
<b>Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:</b>						
<b>Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)</b>						
Utilité monétarisée maximale possible: 61'268.–				capitalisé à 5%: 1'225'360.–		
<b>Pesée des intérêts (étape B)</b>						
Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficienc	Efficacité (%)	Index WTI
□ Revêtement drainant	actuel	87'665	26'048	0.30	100	1.2
■	100%	87'665	57'329	0.65	100	2.6
○ Recouvrement partiel	actuel	1'742'400	26'002	0.01	100	0.1
●	100%	1'742'400	56'392	0.03	100	0.1
△ Surélévation parois	actuel	457'380	27'136	0.06	100	0.2
▲	100%	457'380	59'372	0.13	100	0.5

**Appréciation:**

<input type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input checked="" type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input checked="" type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input checked="" type="checkbox"/> insuffisant <input type="checkbox"/> mauvais
<input type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input checked="" type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input type="checkbox"/> recommandé	<input checked="" type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant <input type="checkbox"/> insuffisant <input checked="" type="checkbox"/> mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



8 PAB, revêtements et recouvrement partiel A1, canton d'Argovie

B / III + IV

**Tronçon étudié:**

- Autoroute A1, km 258.0-260.3

**Commune:**

- Lenzburg

**Périmètre d'investigation:**



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II revêtement	III Paroi + revêt.	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain			X	X	
C rural					

**Coûts:**

**Variantes de mesures antibruit**

- SMA, parois antibruit et recouvrement partiel de l'autoroute
- DRA, parois antibruit et recouvrement partiel de l'autoroute

Coûts totaux:	Période de référence:
32'092'000.-	25 ans
34'921'000.-	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Revêtement SMA:	30.-/m <sup>2</sup>	Recouvrement partiel de l'autoroute:	50'000.-/m'
Revêtement DRA:	30.-/m <sup>2</sup>	Entretien supplémentaire du DRA:	62'420.-/an
Parois antibruit:	800.-/m <sup>2</sup>		

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**

Utilité monétarisée maximale possible: 1'854'445.- capitalisé à 5%: 37'088'900.-

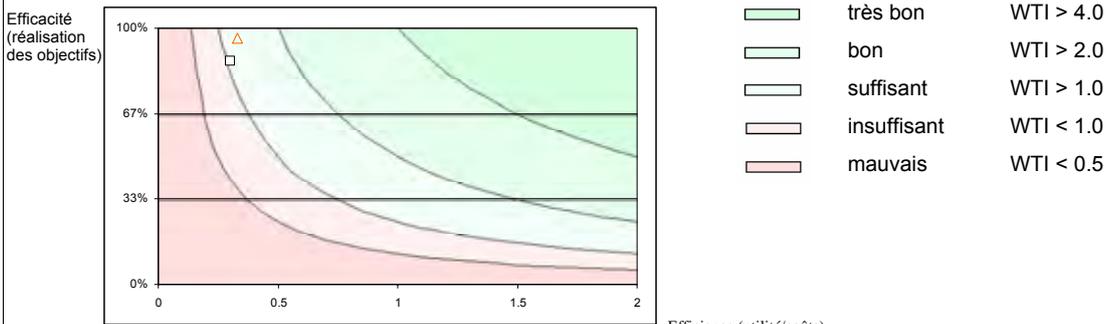
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> SMA, PAB et recouvrement partiel	actuel	2'329'916	694'133	0.30	87	1.0
<input checked="" type="checkbox"/> DRA, PAB et recouvrement partiel	actuel	2'371'027	775'786	0.33	96	1.3

**Appréciation:**

- SRU 301  recommandé  à étudier de façon plus approfondie  non recommandé
- nouv. modèle  très bon  bon  suffisant  insuffisant  mauvais
- SRU 301  recommandé  à étudier de façon plus approfondie  non recommandé
- nouv. modèle  très bon  bon  suffisant  insuffisant  mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



9 Revêtements et parois antibruit, autoroute A1, canton d'Argovie

C / III

**Tronçon étudié:**  
- Autoroute A1, km 260.3–263.0

**Commune:**  
- Othmarsingen

**Mesures antibruit**

Milieu	I Paroi antibruit	II Revêtement	III Paroi + revêt.	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural			X		

**Périmètre d'investigation:**

**Coûts:**

Variante de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- SMA et parois antibruit	1'632'000.–	25 ans
- DRA et parois antibruit	3'010'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Revêtement SMA:	30.–/m <sup>2</sup>		
Revêtement DRA:	30.–/m <sup>2</sup>	Entretien supplémentaire du DRA:	33'000.–/an
Parois antibruit:	800.–/m <sup>2</sup>		

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**  
Utilité monétarisée maximale possible: 263'033.– capitalisé à 5%: 5'260'660.–

**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> SMA et LSW	actuel	118'520	95'496	0.81	100	3.2
<input checked="" type="checkbox"/> DRA et LSW	actuel	131'715	101'015	0.77	100	3.1

**Appréciation:**

<input type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé		
<input type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> mauvais
<input checked="" type="checkbox"/> SRU 301	<input checked="" type="checkbox"/> recommandé	<input type="checkbox"/> à étudier de façon plus approfondie	<input type="checkbox"/> non recommandé		
<input checked="" type="checkbox"/> nouv. modèle	<input type="checkbox"/> très bon	<input checked="" type="checkbox"/> bon	<input type="checkbox"/> suffisant	<input type="checkbox"/> insuffisant	<input type="checkbox"/> mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**

<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> très bon	WTI > 4.0
<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> bon	WTI > 2.0
<span style="background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> suffisant	WTI > 1.0
<span style="background-color: #FFB6C1; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> insuffisant	WTI < 1.0
<span style="background-color: #FFC0CB; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> mauvais	WTI < 0.5

10 Revêtement routier, autoroute A2, canton d'Uri

C / II

**Tronçon étudié:**

- Autoroute A2, km 142.8–157.6

**Communes:**

- Seedorf
- Attinghausen
- Altdorf
- Erstfeld
- Silenen
- Gurtellen (Amsteg)

**Périmètre d'investigation:**



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II Revêtement	III Paroi + revêt.	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain					
C rural		X			

**Coûts:**

**Variantes de mesures antibruit**

- Revêtement drainant

<b>Coûts totaux:</b>	<b>Période de référence:</b>
13'068'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**

Revêtement DRA:	30.–/m <sup>2</sup>
Adaptation du système d'évacuation des eaux usées:	120.–/m'
Entretien supplémentaire du DRA:	300'000.–/an

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**

Utilité monétarisée maximale possible: 475'512.– capitalisé à 5%: 9'510'228.–

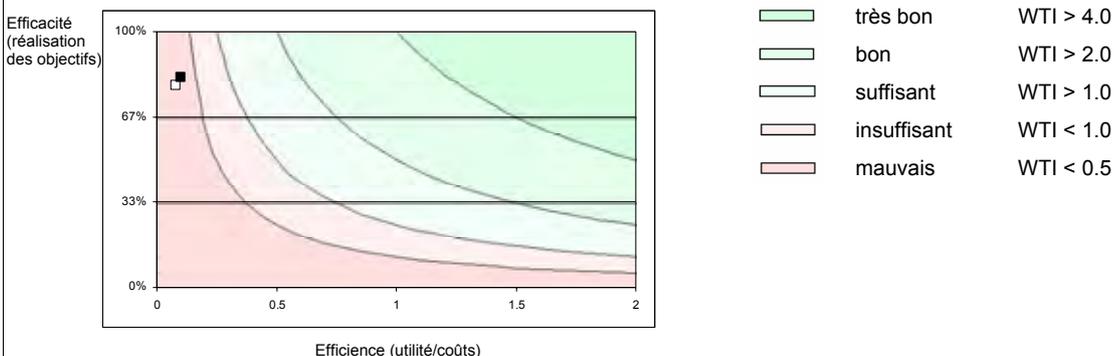
**Pesée des intérêts (étape B)**

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> Revêtement drainant	actuel	1'081'080	87'343	0.08	79	0.3
<input checked="" type="checkbox"/> (nouveau modèle)	100%	1'081'080	105'615	0.10	82	0.3

**Appréciation:**

- SRU 301  recommandé  à étudier de façon plus approfondie  non recommandé
- nouv. modèle  très bon  bon  suffisant  insuffisant  mauvais
- SRU 301  recommandé  à étudier de façon plus approfondie  non recommandé
- nouv. modèle  très bon  bon  suffisant  insuffisant  mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



11 Recouvrement partiel, autoroute A2, canton d'Argovie

B / IV

**Tronçon étudié:**  
- Autoroute A2, km 52.04–52.65

**Commune:**  
- Zofingen

**Périmètre d'investigation:**



Milieu	Mesures antibruit				
	I Paroi antibruit	II revêtement	III Paroi + revêt.	IV Recouvrement	V Recouvrement + revêt.
A urbain					
B peri-urbain				X	
C rural					

**Coûts:**

Variante de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Recouvrement partiel de l'autoroute (tranchée semi-couverte)	25'800'000.–	25 ans

**Coûts admis pour le calcul**  
Recouvrement partiel de l'autoroute: 50'600.–/m'

**Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:**

**Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)**  
Utilité monétarisée maximale possible: 416'904.– capitalisé à 5%: 8'338'080.–

**Pesée des intérêts (étape B)**

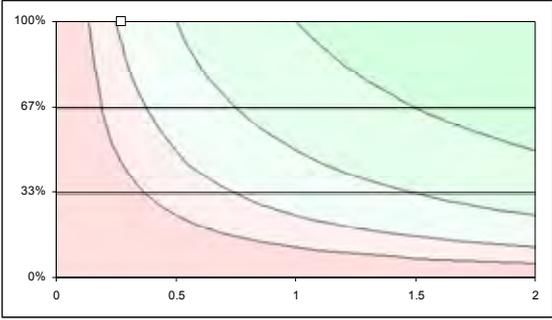
Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
<input type="checkbox"/> Recouvrement	actuel	1'548'000	412'707	0.27	100	1.1

**Appréciation:**

SRU 301     recommandé     à étudier de façon plus approfondie     non recommandé

nouv. modèle     très bon     bon     suffisant     insuffisant     mauvais

**Nouveau diagramme d'appréciation**



Qualité	WTI
très bon	WTI > 4.0
bon	WTI > 2.0
suffisant	WTI > 1.0
insuffisant	WTI < 1.0
mauvais	WTI < 0.5

## 12 Structures du milieu bâti pour les modélisations

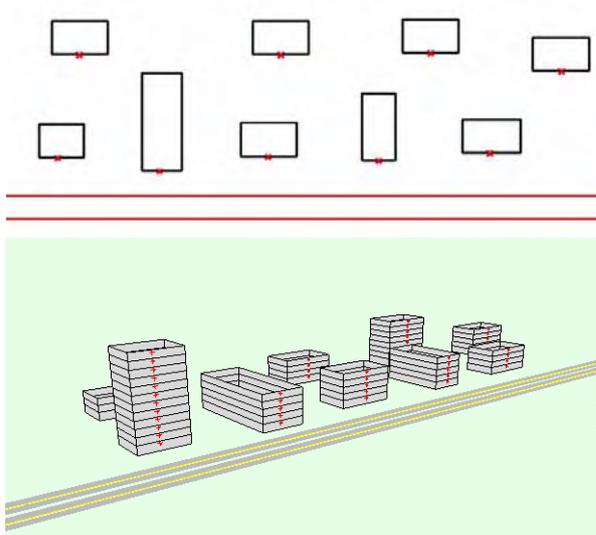
### Milieu bâti à caractère urbain

#### Structure:

- 9 bâtiments de 3 à 12 étages
- 170 logements
- 510 habitants (3 / logement)

#### Dépassements VLI DS III:

- jusqu'à 8 dBA



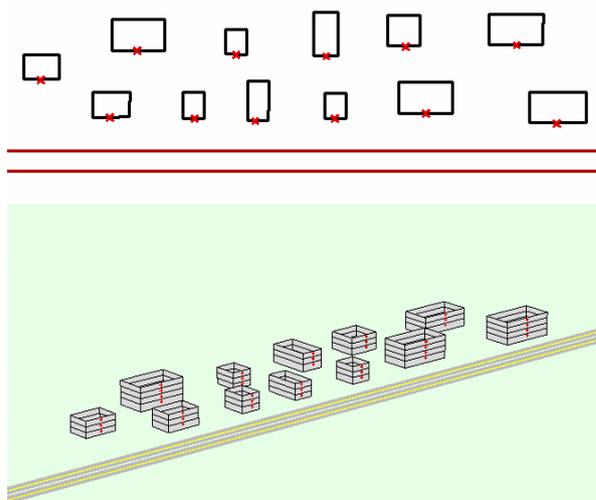
### Milieu bâti à caractère peri-urbain:

#### Structure:

- 12 bâtiments de 3 à 4 étages
- 58 logements
- 174 habitants (3 / logement)

#### Dépassements VLI DS III:

- jusqu'à 8 dBA



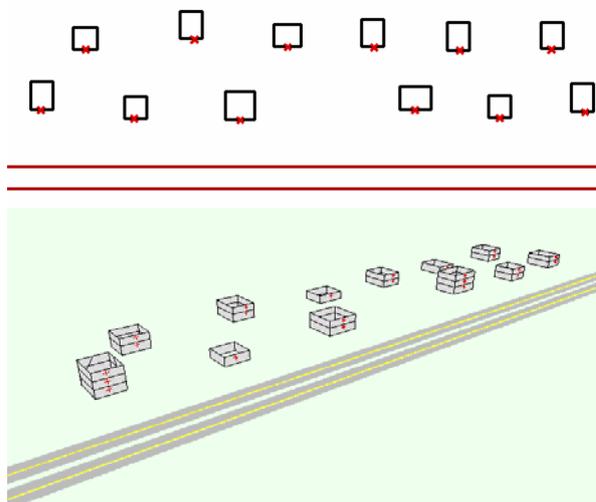
### Milieu bâti à caractère rural:

#### Structure:

- 12 bâtiments de 1 à 3 étages
- 14 logements
- 42 habitants (3 / logement)

#### Dépassements VLI DS III:

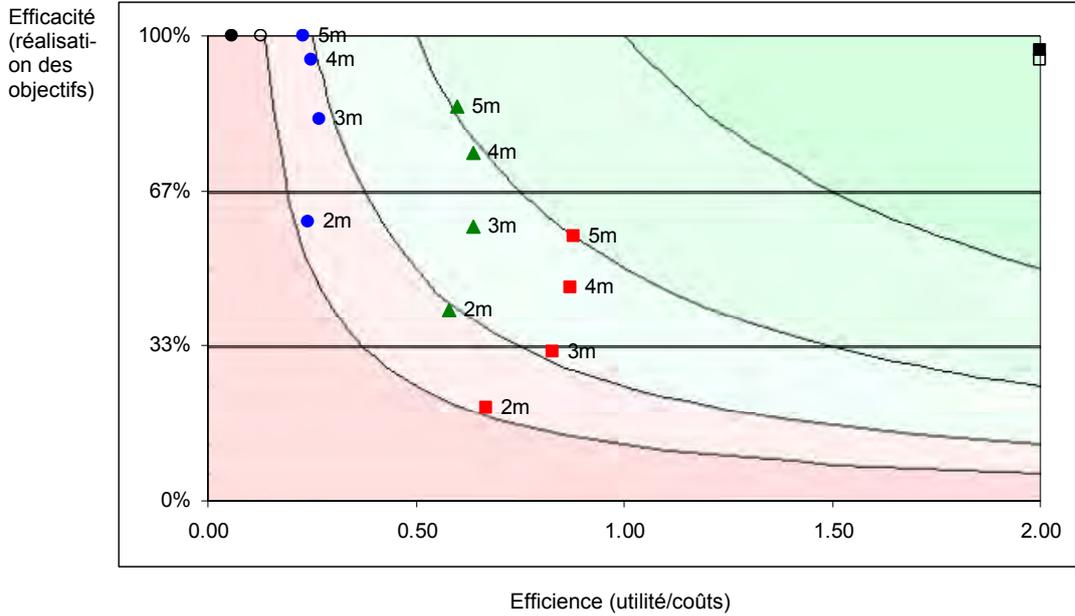
- jusqu'à 8 dBA



13 Modélisations Parois antibruit

A,B,C / I

Diagramme efficacité/efficacité:



Légende:

Modélisations:

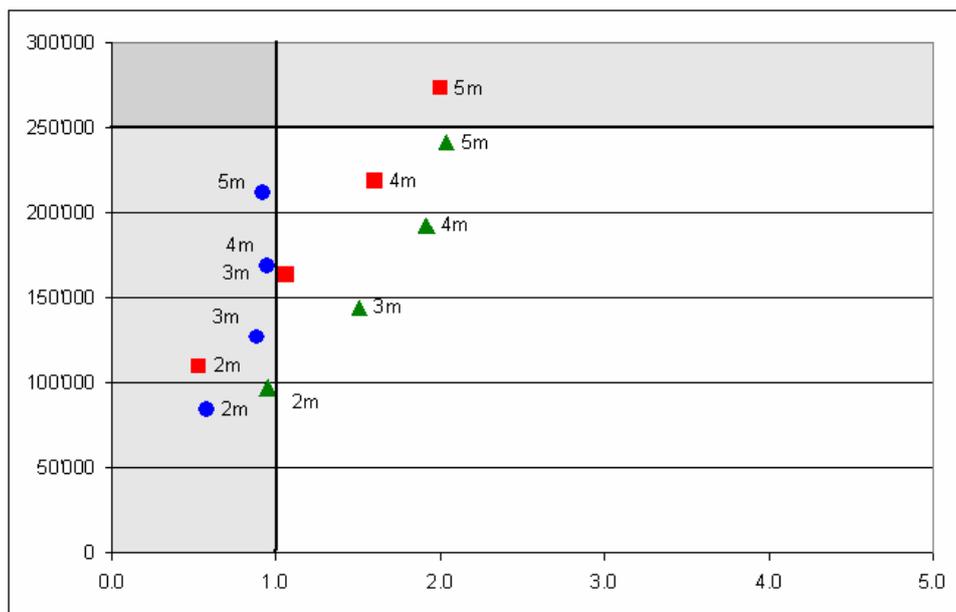
- urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m
- ▲ péri-urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m
- rural, hauteurs des parois de 2.0 à 5.0m

Projets étudiés:

- Capolago (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Capolago (coefficient d'occupation du sol futur)
- Frick (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Frick (coefficient d'occupation du sol futur)

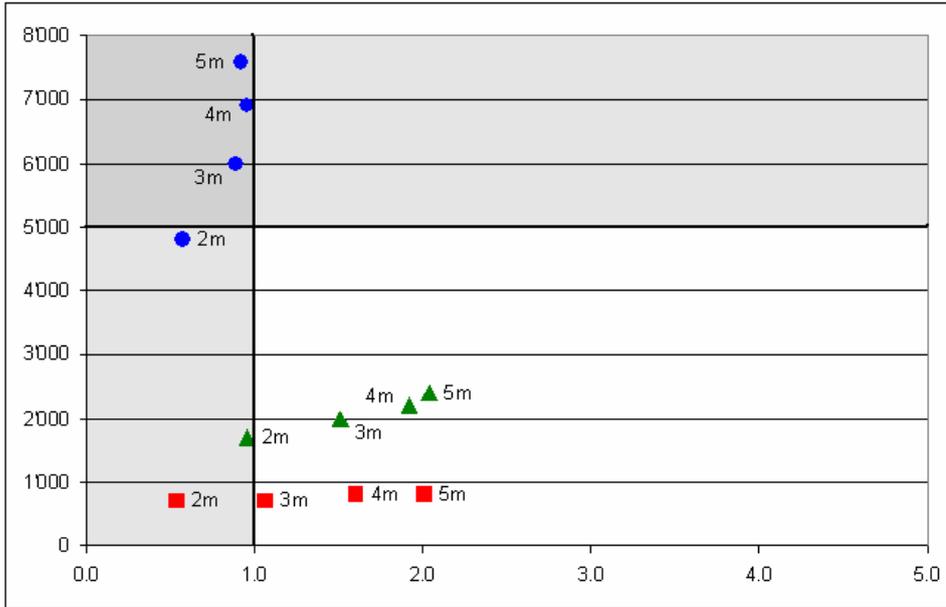
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



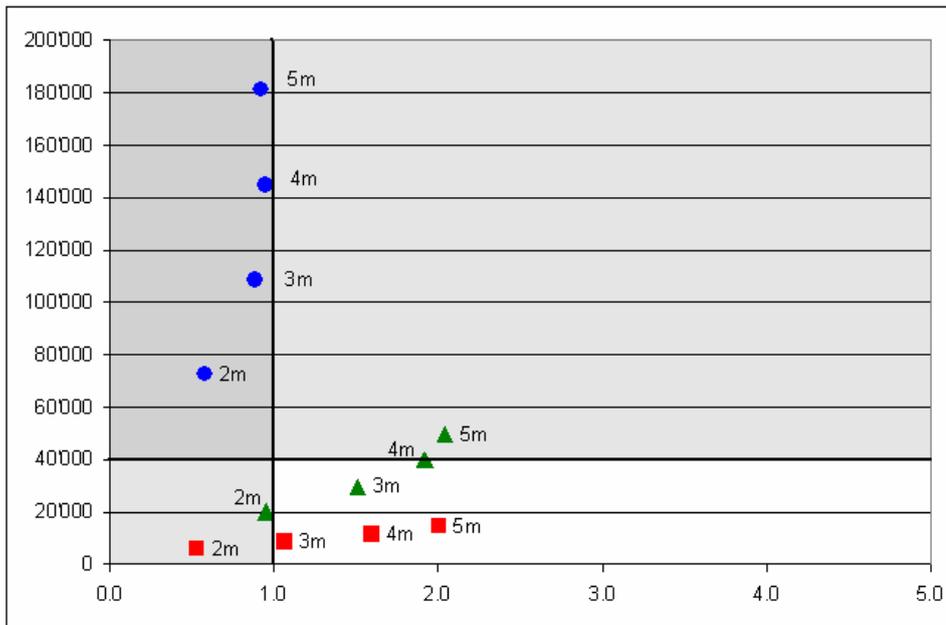
Classes WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes WT1

Fr. par  
logement



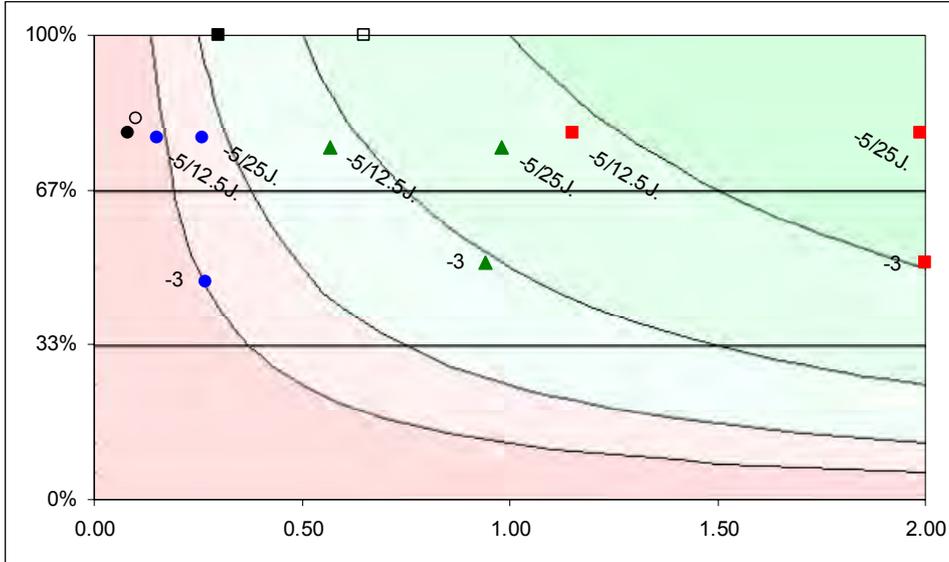
Classes WT1

14 Modélisations Revêtements routiers

A,B,C / II

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficacité (utilité/coûts)

**Légende:**

Modélisations:

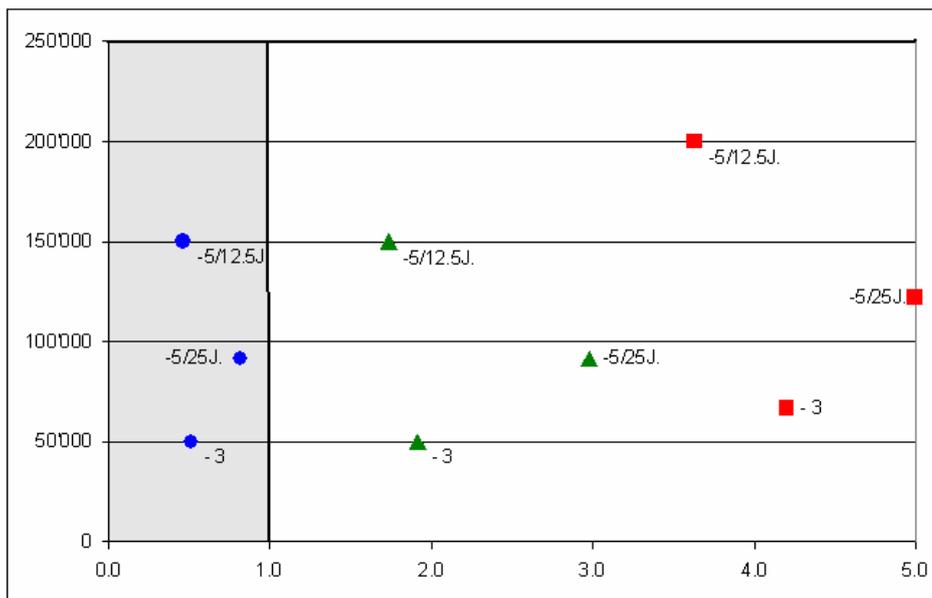
- urbain, revêtements avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité 12.5 et 25 ans)
- ▲ peri-urbain, revêt. avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité 12.5 et 25 ans)
- rural, revêtements avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité 12.5 et 25 ans)

Projets étudiés:

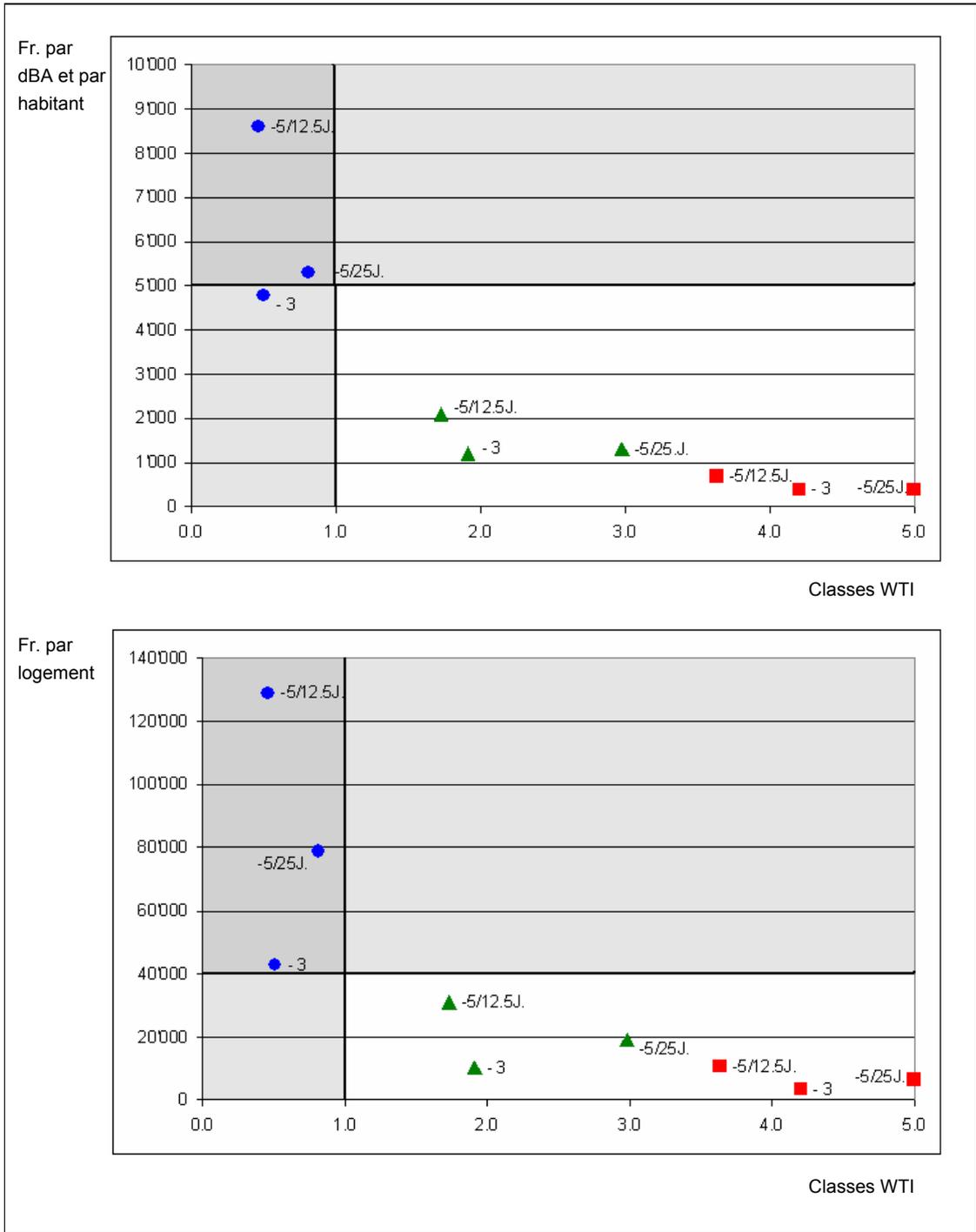
- Frick (DRA, longévité 25 ans; coefficient d'occupation du sol actuel)
- Frick (DRA, longévité 25 ans; coefficient d'occupation du sol futur)
- Seedorf – Amsteg (DRA, longévité 25 ans; coefficient d'occupation du sol actuel)
- Seedorf – Amsteg (DRA, longévité 25 ans; coefficient d'occupation du sol futur)

**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



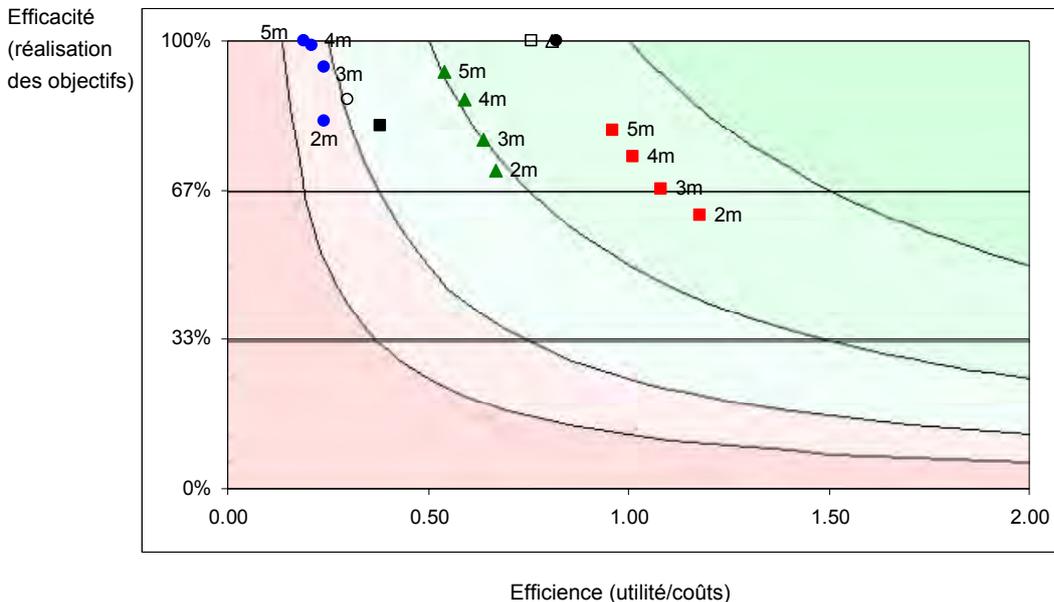
Classes WTI



15 Modélisations Parois antibruit et revêtement (-3 dBA, durée de service 25 ans)

A,B,C / III

**Diagramme efficacité/efficacité:**



**Légende:**

Modélisations:

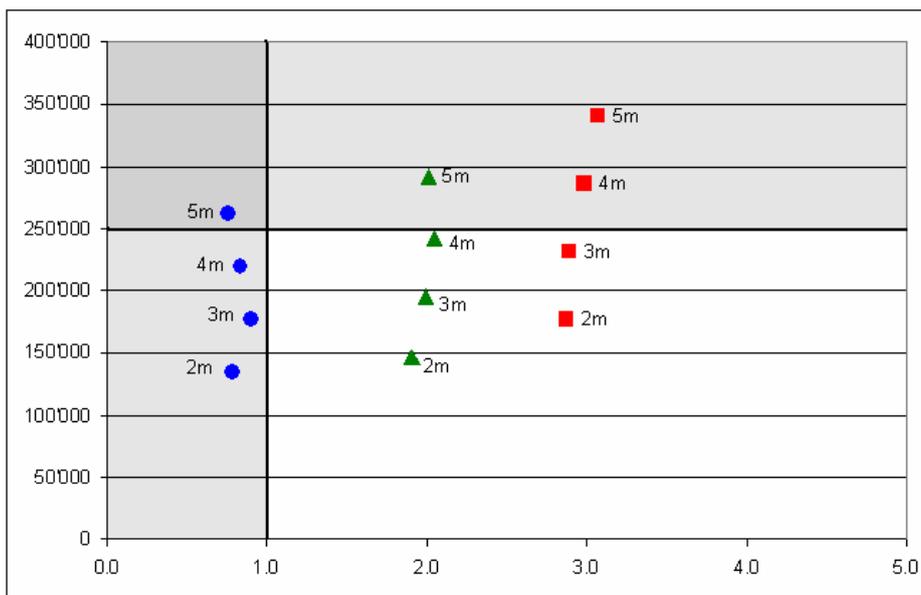
- urbain, hauteur des parois entre 2.0 et 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ péri-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 dBA (longévité 25 ans)
- rural, hauteur des parois entre 2.0 et 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 dBA (longévité 25 ans)

Projets étudiés:

- Birrhard (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Brunegg (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Erstfeld (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Lenzburg (tranchée couverte incluse; coefficient d'occupation du sol actuel)
- △ Othmarsingen (coefficient d'occupation du sol futur)

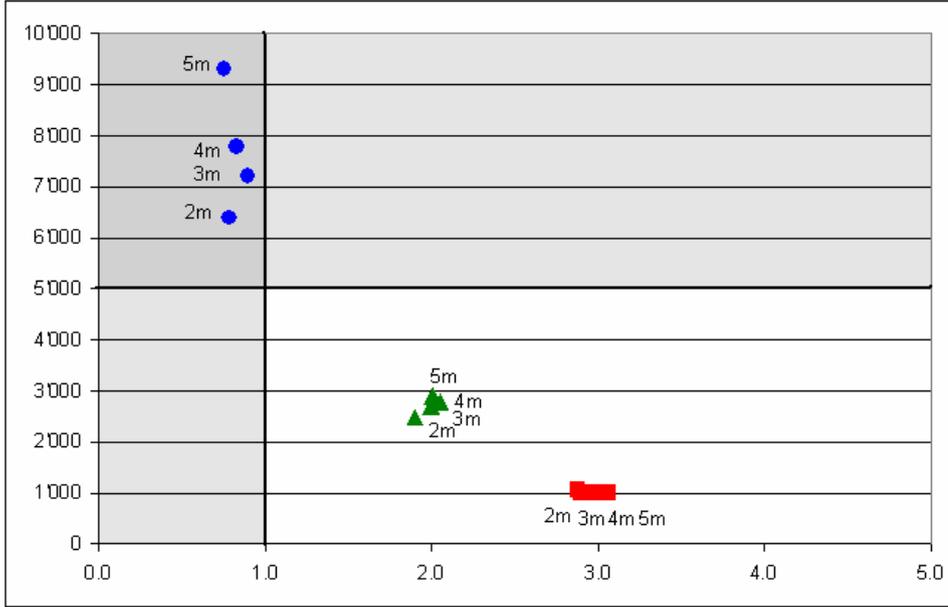
**Comparaison évaluation WTI – Checklist OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



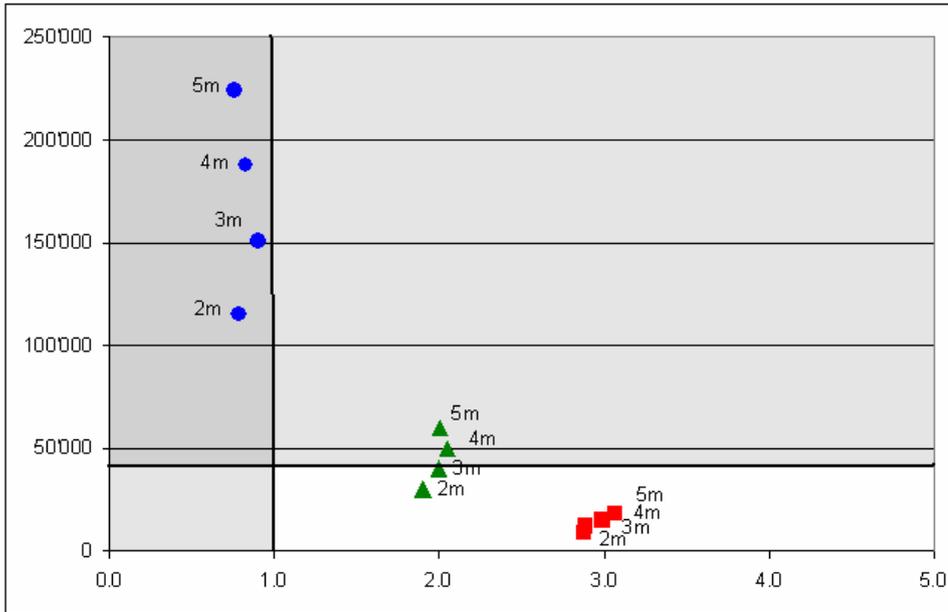
Classes WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes-WTI

Fr. par  
logement

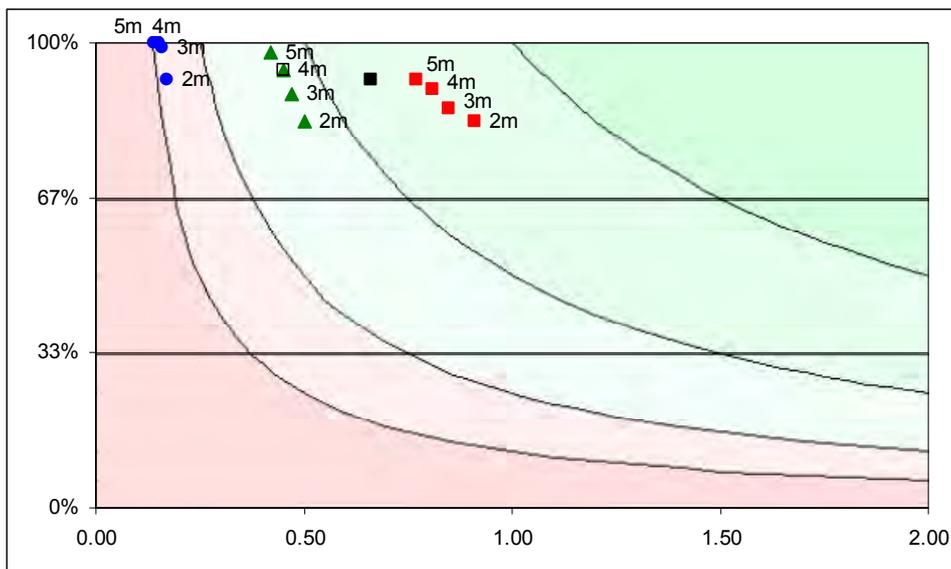


Classes-WTI

16 Modélisations Parois antibruit et revêtement (-5 dBA, durée de service 12.5 ans) A,B,C / III

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficacité (utilité/coûts)

**Légende:**

Modélisations:

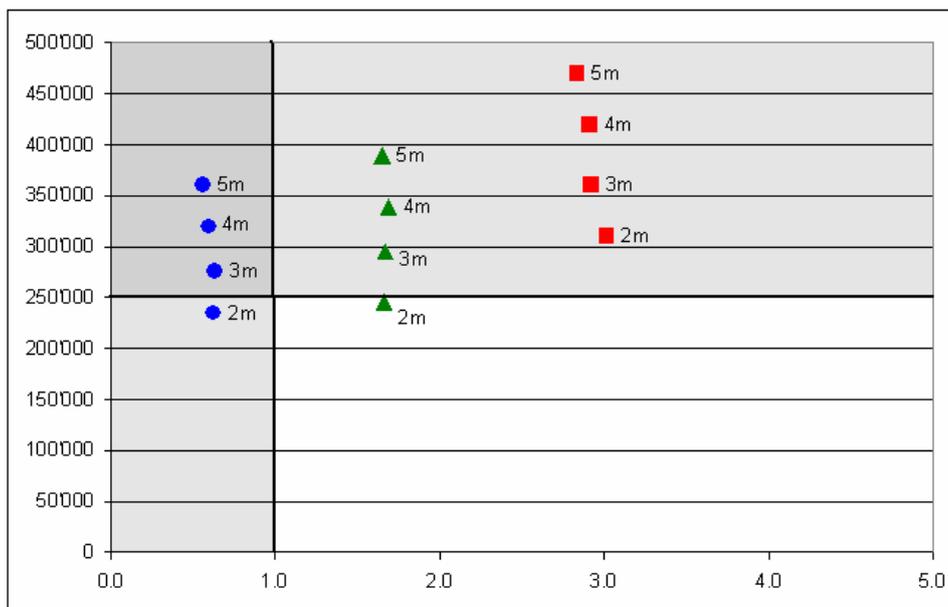
- urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement -5 dBA (longévité 12.5 ans)
- ▲ peri-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement -5 dBA (longévité 12.5 ans)
- rural, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement -5 dBA (longévité 12.5 ans)

Projets étudiés:

- Erstfeld – Amsteg (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Erstfeld – Amsteg (coefficient d'occupation du sol futur)

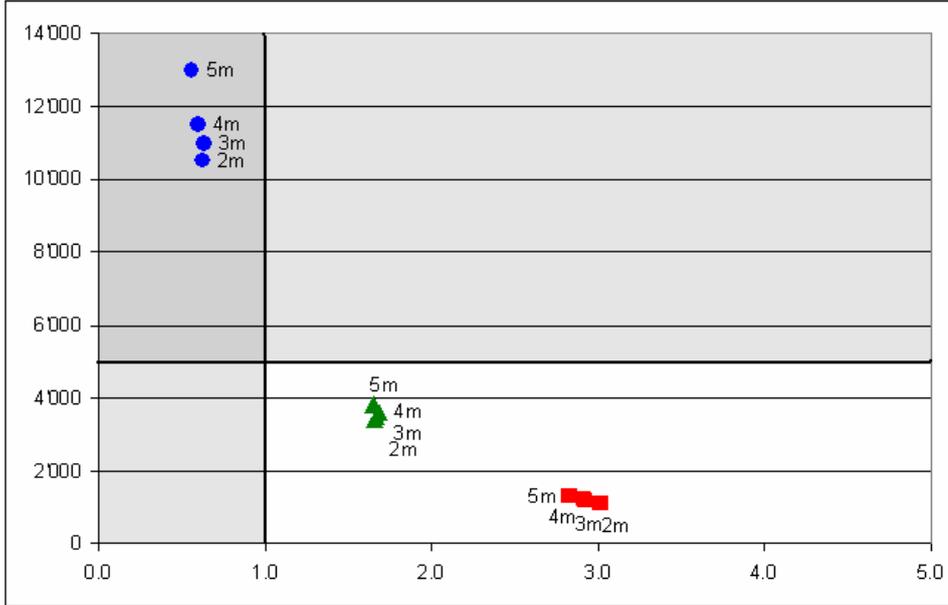
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



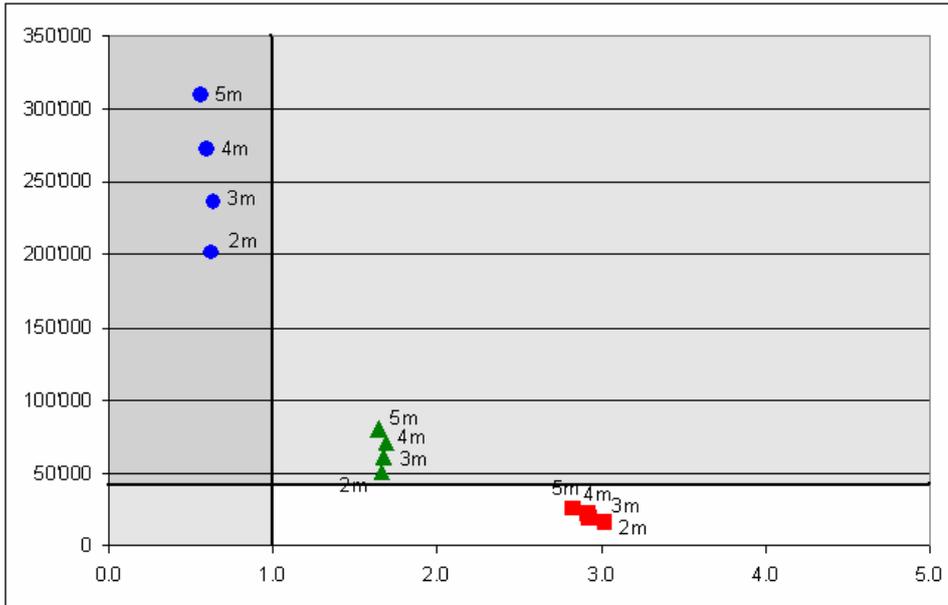
Classes – WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WTI

Fr. par  
bâtiment



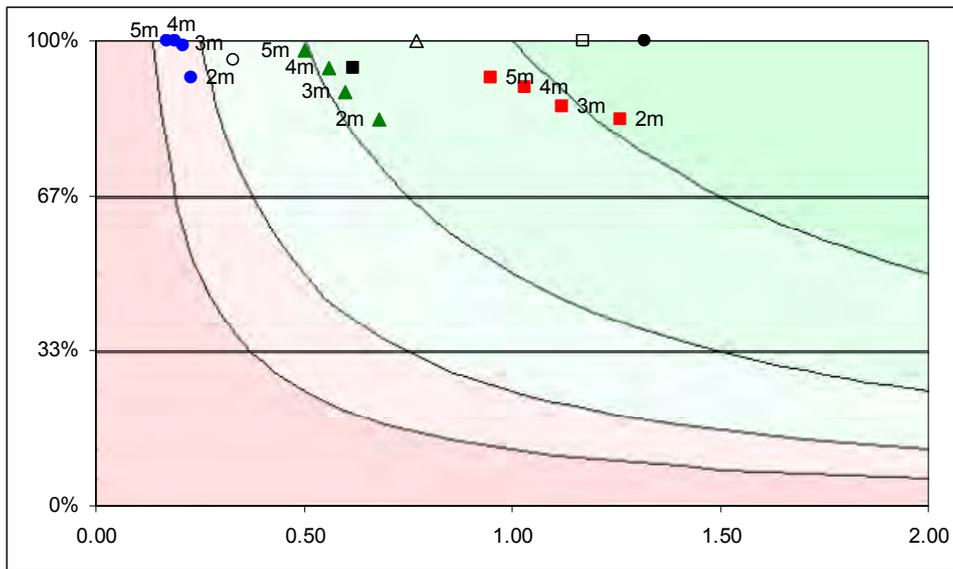
Classes – WTI

17 Modélisations Parois antibruit et revêtement (-5 dBA, durée de service 25 ans)

A,B,C / III

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficacité (utilité/coûts)

**Légende:**

Modélisations:

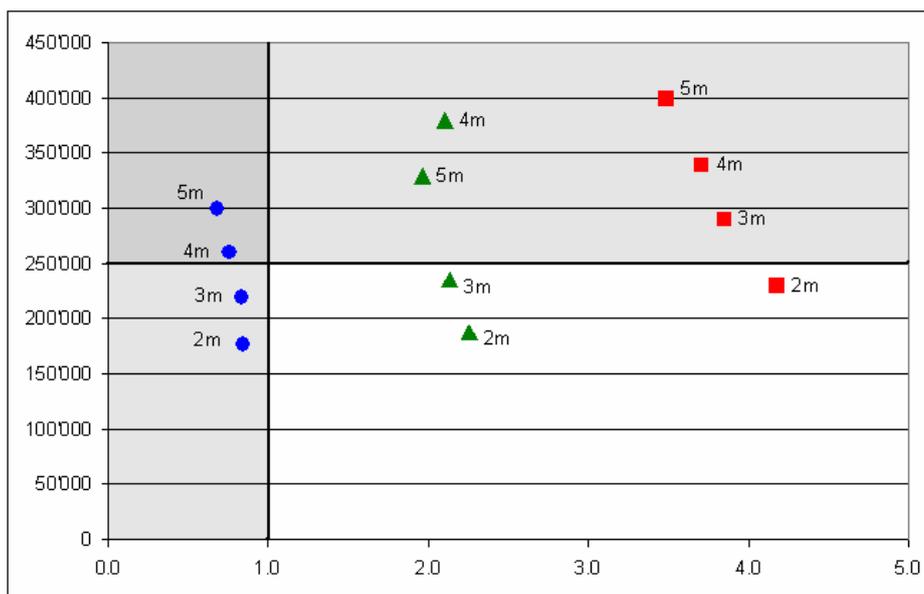
- urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ péri-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 25 ans)
- rural, hauteurs de paroi de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 25 ans)

Projets étudiés:

- Birrhard (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Brunegg (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Erstfeld (coefficient d'occupation du sol actuel)
- Lenzburg (tranchée couverte incluse; coefficient d'occupation du sol actuel)
- △ Othmarsingen (coefficient d'occupation du sol futur)

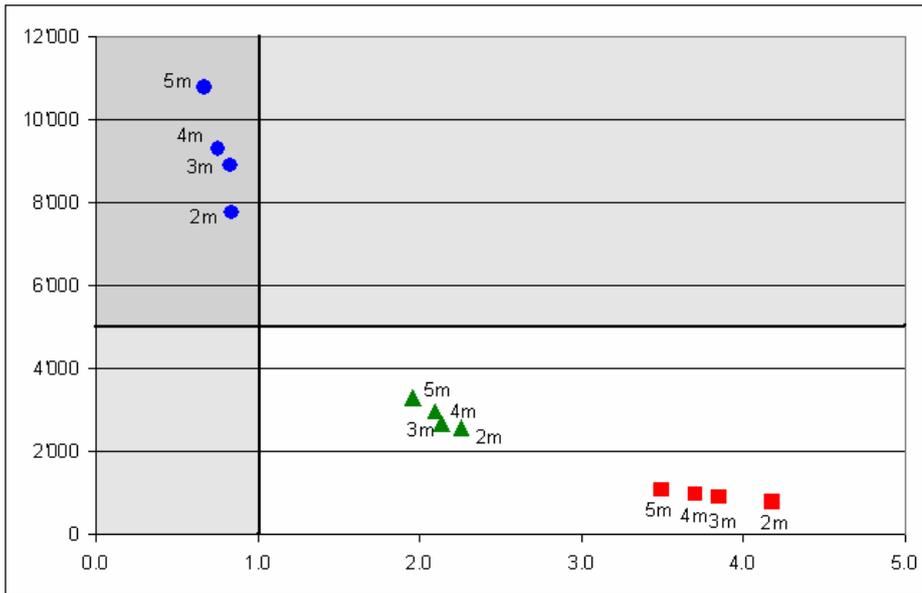
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



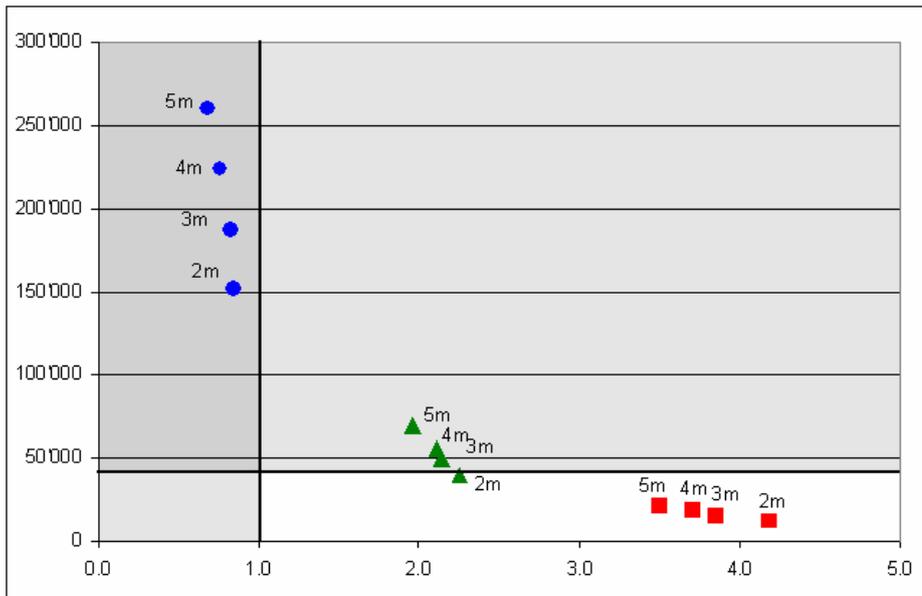
Classes – WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WTI

Fr. par  
logement



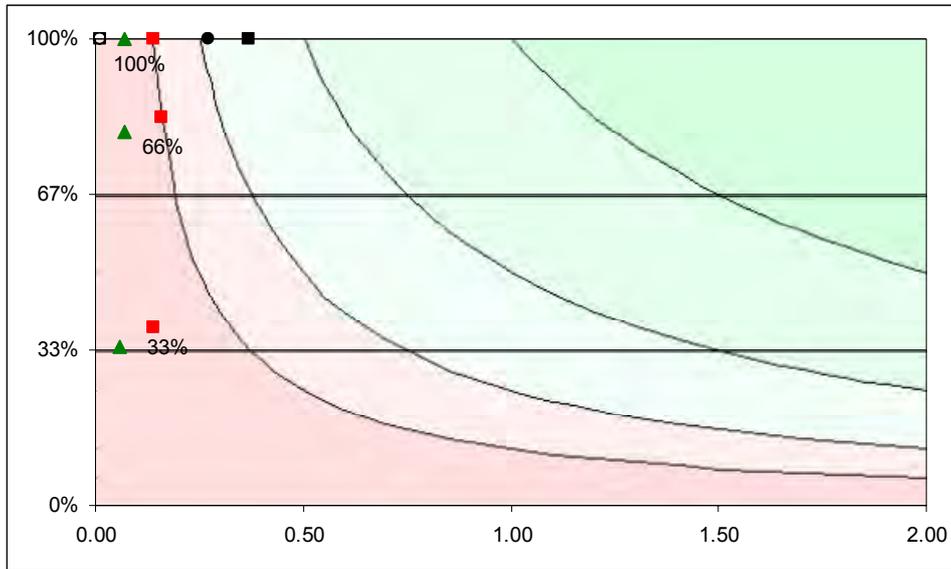
Classes – WTI

18 Modélisations Recouvrements de routes

A,B / IV

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

**Légende:**

Modélisations:

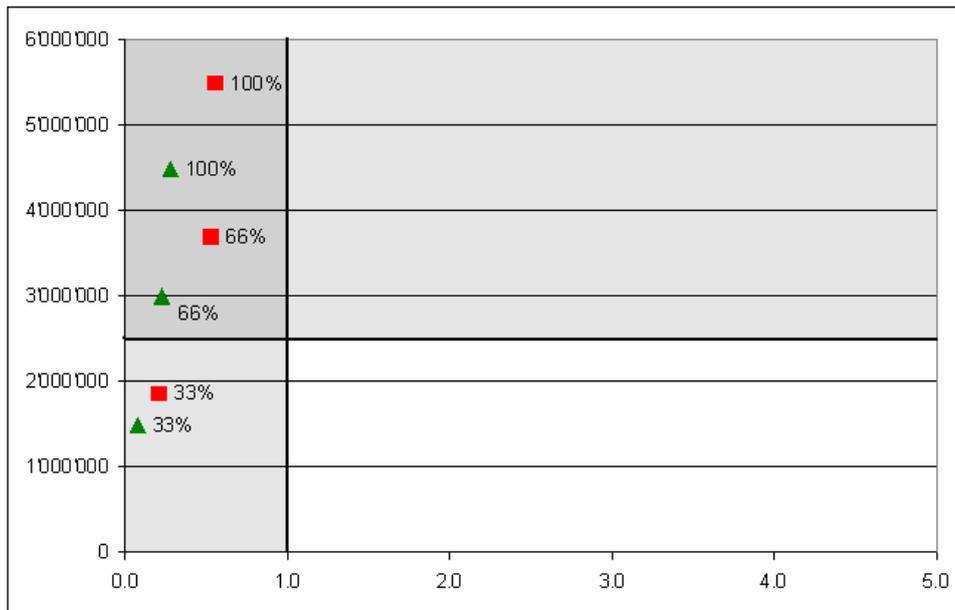
- urbain, longueur de recouvrement 33%, 66% et 100% de la zone habitée
- ▲ peri-urbain, longueur de recouvrement 33%, 66% et 100% de la zone habitée

Projets étudiés:

- Chamblieux
- Frick
- Zofingen
- Erstfeld

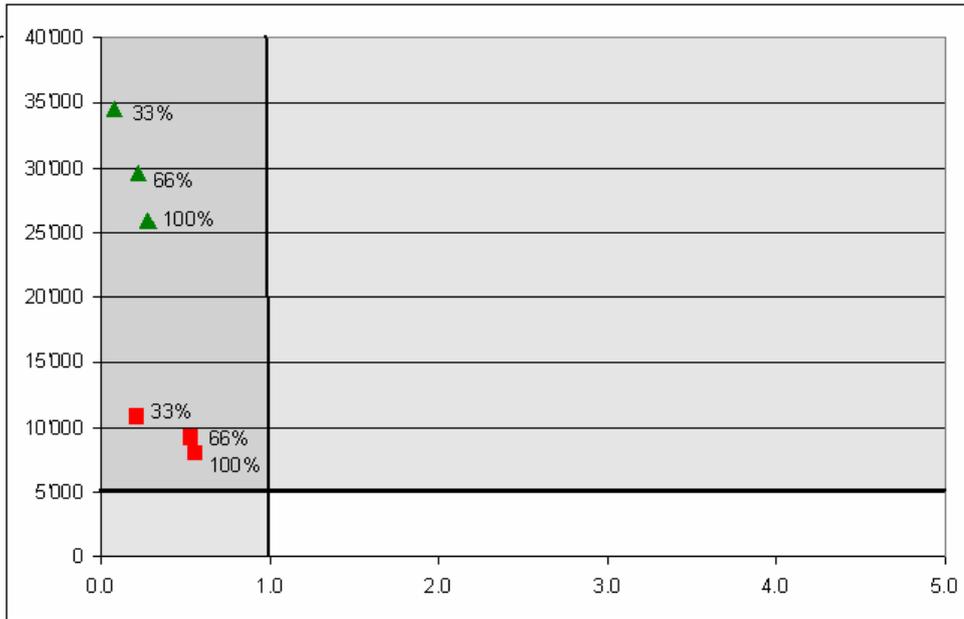
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



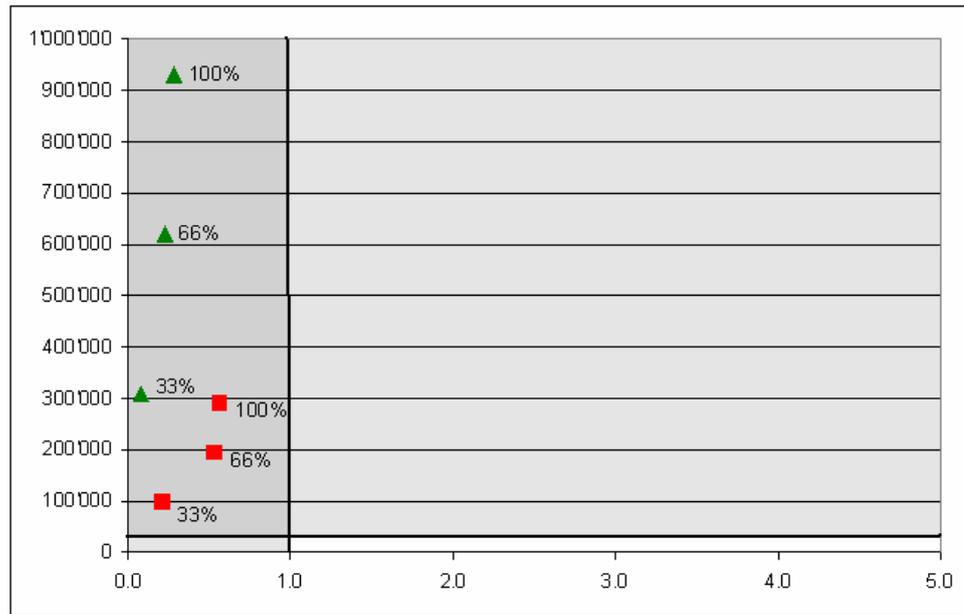
Classes-WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WTI

Fr. par  
logement



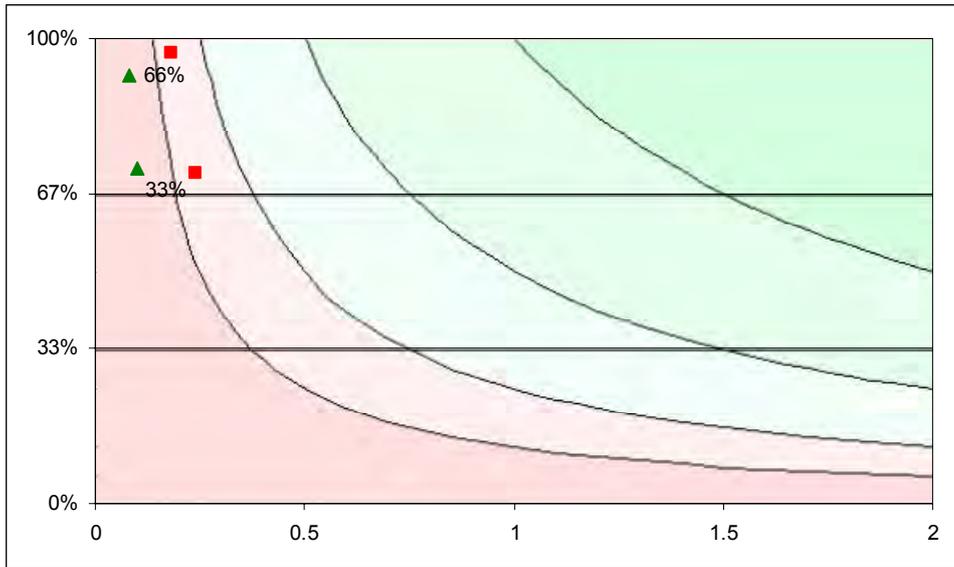
Classes – WTI

19 Modélisations Recouvrements et revêtement (-3 dBA, durée de service 25 ans)

A,B / V

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

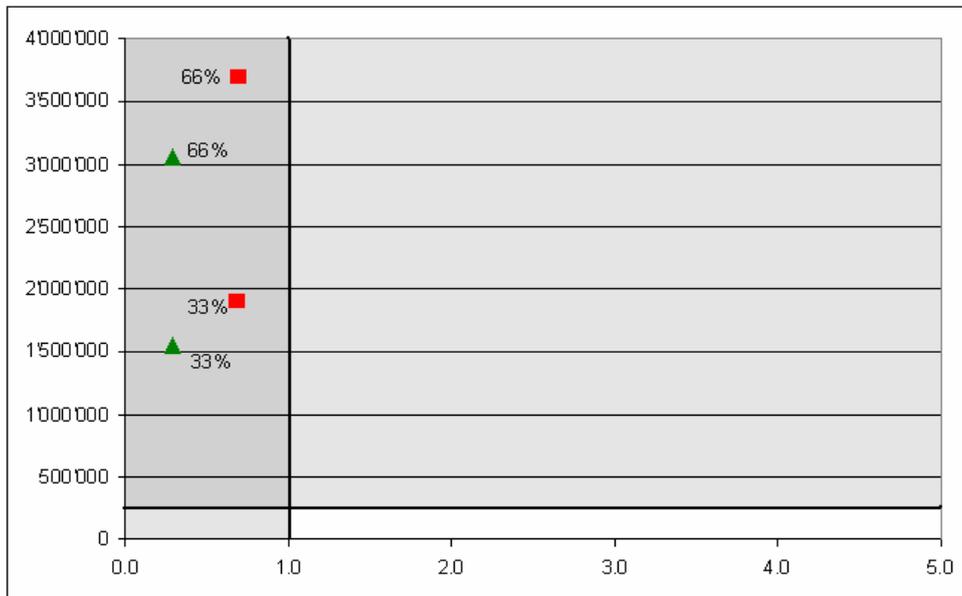
**Légende:**

Modélisations:

- urbain, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée, ainsi que revêtement routier avec affaiblissement sonore de -3 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ peri-urbain, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée, ainsi que revêtement routier avec affaiblissement sonore de -3 dBA (longévité 25 ans)

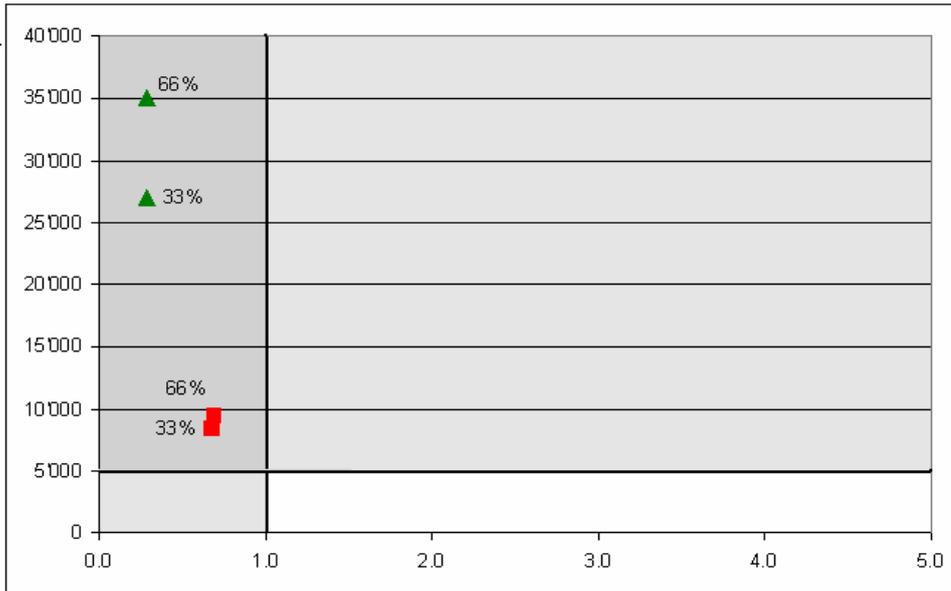
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



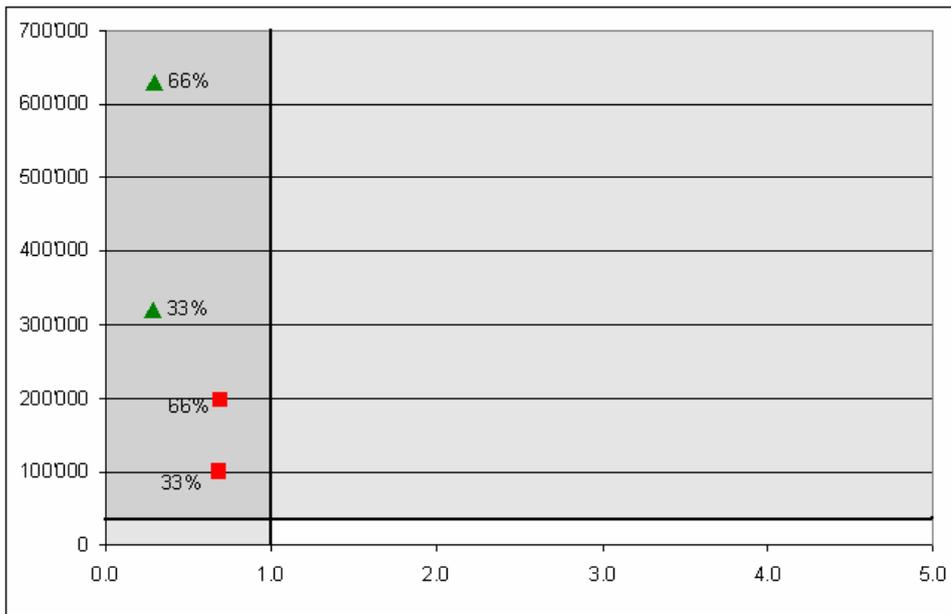
Classes-WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WTI

Fr. par  
logement



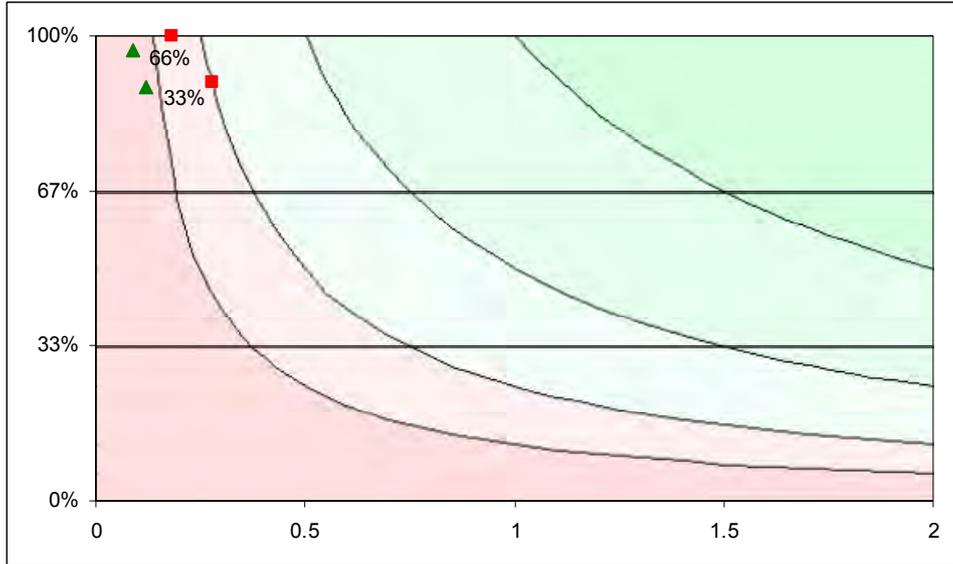
Classes – WTI

20 Modélisations Recouvrements et revêtement (-5 dBA durée de service 12.5 ans)

A,B / V

**Diagramme efficacité/efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficiency (utilité/coûts)

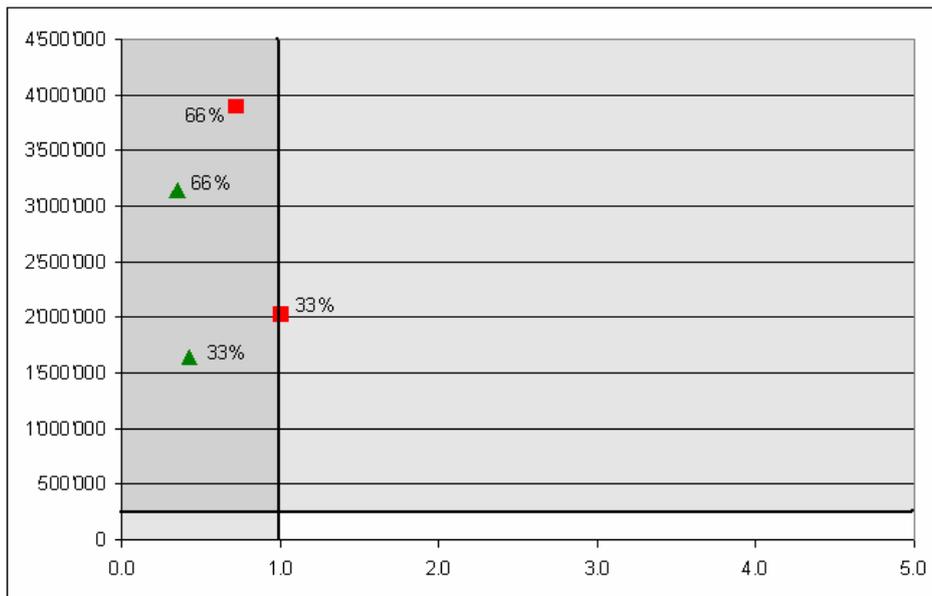
**Légende:**

Modélisations:

- urbain, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée ainsi que revêtement avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 12.5 ans)
- ▲ peri-urbain, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée ainsi que revêtement avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 12.5 ans)

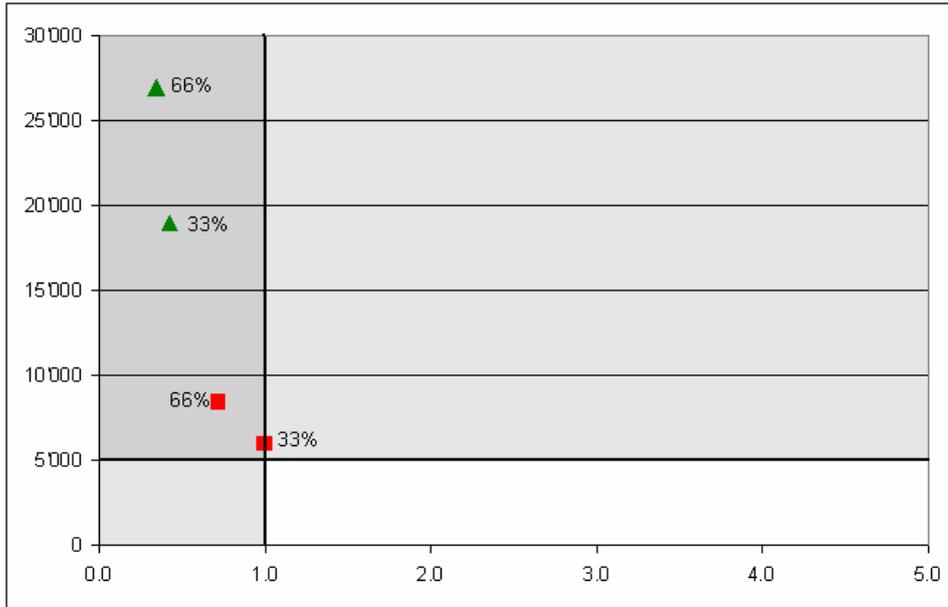
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



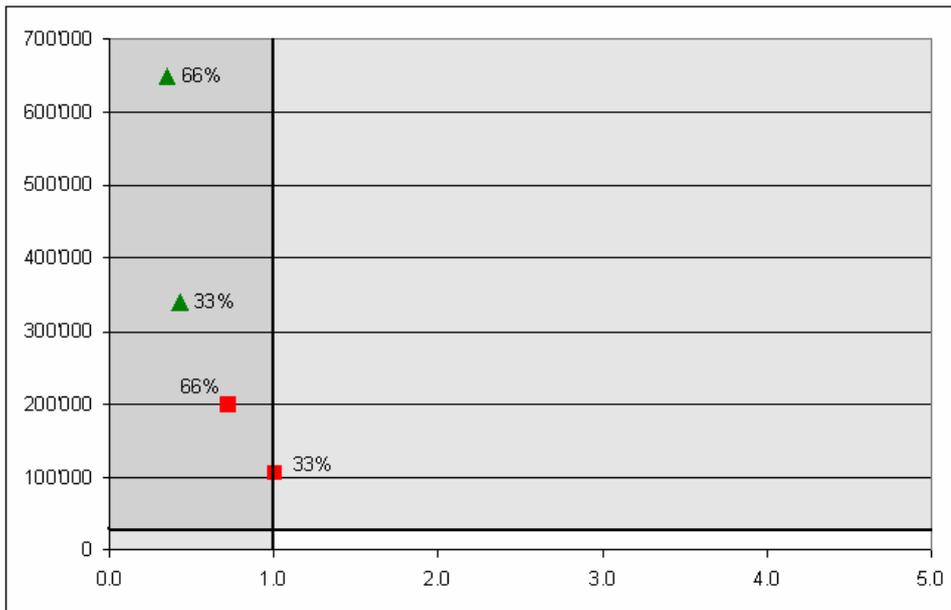
Classes – WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WTI

Fr. par  
logement



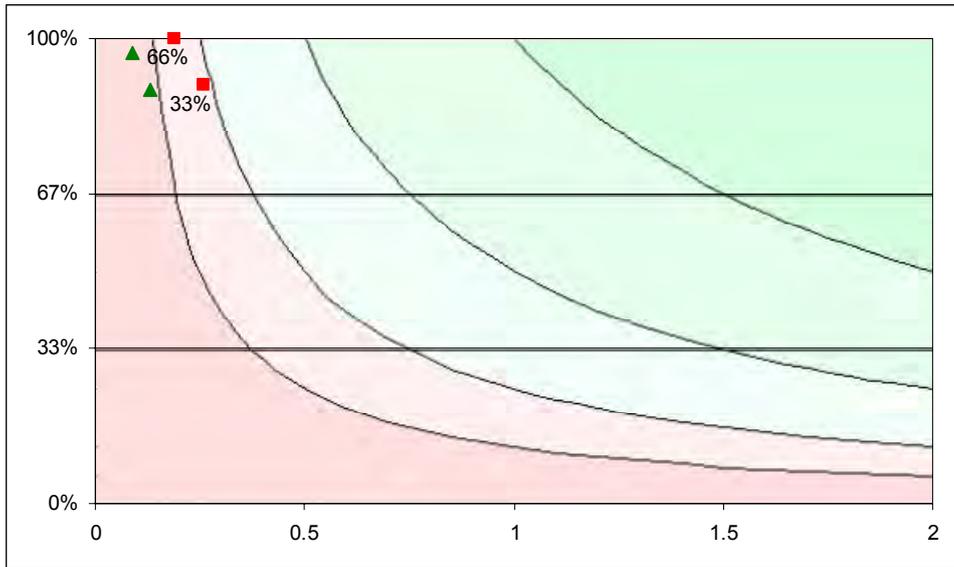
Classes – WTI

21 Modélisations Recouvrements et revêtement (-5 dBA, durée de service 25 ans)

A,B / V

**Diagramme efficacité-efficacité:**

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

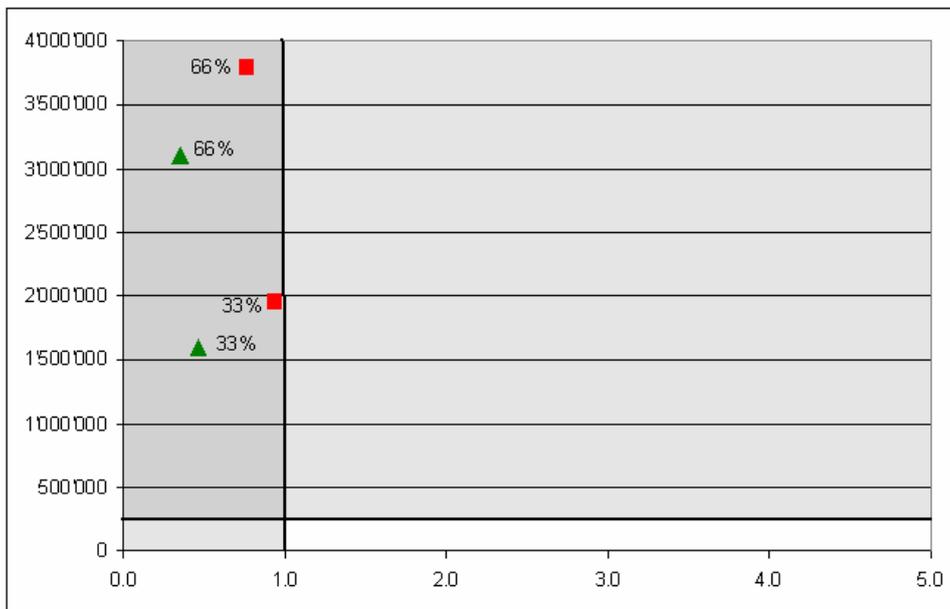
**Légende:**

Modélisations:

- rural, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée ainsi que revêtement avec affaiblissement sonore de -5 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ semi-rural, longueur de recouvrement 33% et 66% de la zone habitée ainsi que revêtement avec affaiblissement sonore de -5 dBA (longévité 25 ans)

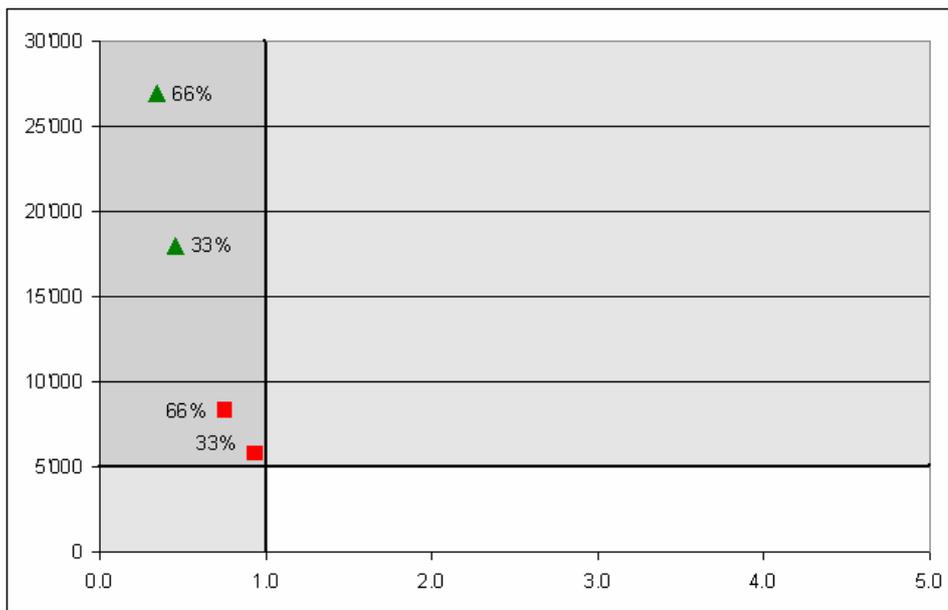
**Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:**

Fr. par bâtiment



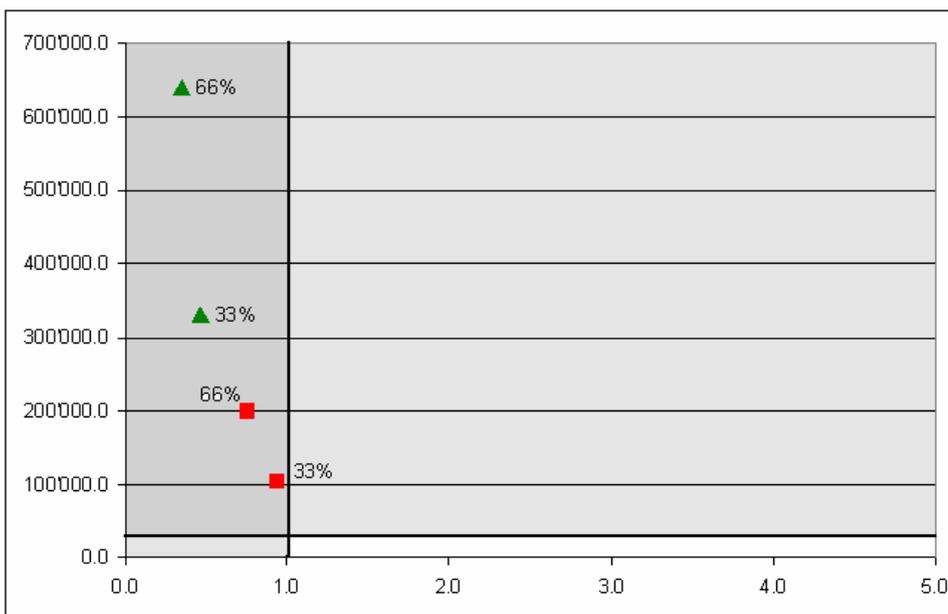
Classes – WTI

Fr. par  
dBA et par  
habitant



Classes – WT1

Fr. par  
logement



Classes – WT1