09
06

> Sostenibilità economica e proporzionalità di provvedimenti antirumore

Ottimizzazione della ponderazione di interessi

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale dell'ambiente UFAM

09
06

> Sostenibilità economica e proporzionalità di provvedimenti antirumore

Ottimizzazione della ponderazione di interessi

Complemento allo Scritto sull'ambiente n° 301 dell'UFAFP

A cura dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Berna, 2006

Valenza giuridica della presente pubblicazione
La presente pubblicazione, elaborata dall'UFAM in veste di autorità di vigilanza, è un testo d'aiuto all'esecuzione destinato primariamente alle autorità esecutive. Nel testo viene data concretezza a concetti giuridici indeterminati, inclusi in leggi e ordinanze, nell'intento di promuoverne un'esecuzione uniforme. Le autorità esecutive che si attengono ai testi d'aiuto all'esecuzione possono avere la certezza di rispettare il diritto federale. Sono tuttavia ammesse anche soluzioni alternative, purché siano conformi al diritto in vigore. I testi d'aiuto all'esecuzione (designati spesso anche con il nome di direttive, istruzioni, raccomandazioni, manuali, aiuti pratici ecc.) sono pubblicati dall'UFAM nella serie «Pratica ambientale».

Nota editoriale

Editore
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)
L'UFAM è un Ufficio del Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni (DATEC).

Autori
Markus Bichsel, Grolimund & Partner AG, Berna
Walter Muff, Grolimund & Partner AG, Berna

Accompagnamento UFAM
Sandro Ferrari, Divisione lotta contro i rumori (UFAM)
Gregor Schguanin, Divisione lotta contro i rumori (UFAM)

Indicazione bibliografica
Bichsel M., Muff W. 2006: Sostenibilità economica e proporzionalità delle misure di protezione contro il rumore. Ottimizzazione della ponderazione degli interessi. Pratica ambientale n. 0609. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. 62 p.

Traduzione
Sandro Corradini

Grafica e impaginazione
Ursula Nöthiger-Koch

Foto Copertina
Ripari fonici A2 Chiasso, direzione Nord

Scarica il PDF
www.ambiente-svizzera.ch/pubblicazioni
(la versione a stampa non è disponibile)
Codice: UV-0609-I

© UFAM 2006

Indice

Abstracts **5**
Prefazione **7**
Riassunto **8**

1 Mandato e obiettivi **11**

2 Situazione iniziale **12**
2.1 Il modello secondo SRU n. 301 12
2.2 Esposizione del problema 14
2.3 Soluzione proposta 15

3 Procedura / metodo **17**
3.1 Obiettivo 17
3.2 Procedura 17
3.3 Condizioni quadro 17
3.4 Basi relative ai progetti già analizzati 18
3.5 Strutture edilizie e misure di protezione contro il rumore analizzate 18
3.6 Matrice di analisi 19
3.7 Basi di costo e durata delle misure di protezione contro il rumore 20
3.8 Valutazione di massima UFAM / USTRA 20

4 Risultati delle analisi **22**
4.1 Documentazione dei risultati 22
4.2 Pareti antirumore 23
4.3 Pavimentazioni 23
4.4 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –3 dBA, durata in opera 25 anni 24
4.5 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –5 dBA, durata in opera 12,5 anni 25
4.6 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –5 dBA, durata in opera 25 anni 25
4.7 Coperture 25
4.8 Coperture combinate a pavimentazioni 26

5 Conclusioni / sensitività **27**
5.1 Conclusioni 27
5.2 Sensitività 28

6 Modulo di calcolo **29**

Allegati **30**

> 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.

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

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 Grundlagedaten erfolgt mit Präzisierungen nach dem bisherigen Modell.

Stichwörter
Lärmschutz,
Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen,
Interessenabwägung

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.

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

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.

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

> Prefazione

Nonostante la legge sulla protezione dell'ambiente preveda il risanamento delle strade con immissioni foniche eccessive, le decisioni concernenti gli investimenti necessari sollevano regolarmente la questione relativa alla giustificazione dei costi di costruzione, di gestione e di manutenzione dei relativi provvedimenti. È inoltre importante stabilire se gli interessi preponderanti, segnatamente la protezione dei siti, della natura e del paesaggio, e della sicurezza del traffico e dell'esercizio si oppongono al risanamento.

La valutazione della proporzionalità dei costi e della ponderazione degli interessi deve avvenire su basi uniformi. Nel 1998 l'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio (UFAFP, ora UFAM) ha pubblicato l'opuscolo n. 301 «Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen» della Serie 'Scritti sull'ambiente'.

Nel frattempo si è affermato l'approccio, sviluppato a quel tempo, della monetarizzazione dei carichi fonici quale metodo riconosciuto per confrontare costi e benefici delle misure contro l'inquinamento fonico. Tuttavia, l'applicazione pratica di tale approccio mostra che la valutazione basata su un diagramma efficienza/efficacia ha spesso fornito risultati poco chiari o poco esaustivi proprio nell'ambito di progetti con notevoli costi d'investimento, come per esempio la realizzazione di opere di copertura.

Il presente rapporto costituisce un'importante precisazione della pubblicazione n. 301 della serie 'Scritti sull'ambiente'. L'attuale modello è stato ulteriormente sviluppato sulla base di diversi progetti di risanamento. Nel frattempo è diventato possibile effettuare delle valutazioni differenziate sulla base di parametri singoli. Questo procedimento garantisce che, in futuro, la discussione sulla proporzionalità dei costi nell'ambito della valutazione delle misure contro l'inquinamento fonico si svolgerà su basi oggettive.

La nuova base di valutazione è parte integrante della guida sul risanamento del rumore stradale (Leitfaden Strassenlärmsanierung), pubblicata dall'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) congiuntamente all'Ufficio federale delle strade (USTRA). Per progetti di risanamento di un certo ordine di grandezza vige pertanto l'obbligo di effettuare una valutazione secondo la nuova procedura.

Urs Jörg
Capo della Divisione lotta contro i rumori
Ufficio federale dell'ambiente (UFAM)

> Riassunto

Situazione iniziale

Per valutare la sostenibilità economica e la proporzionalità delle misure di protezione contro il rumore è stato pubblicato un apposito modello nella 'Serie scritti sull'ambiente' n° 301 (SRU–301, in tedesco e in francese).

Il modello prevede una procedura in due fasi, che tengono conto del diverso stato di avanzamento e del necessario grado di dettaglio dei progetti di protezione fonica da valutare:

fase A:

> calcolo del limite superiore di sostenibilità economica delle misure di protezione contro il rumore, al fine di valutare il costo approssimativo delle misure future;

fase B:

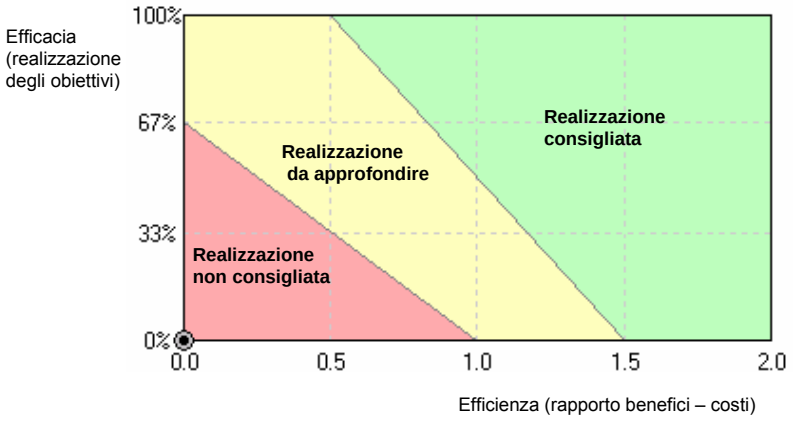
> ponderazione degli interessi sulla base dei criteri dell'efficienza (benefici/costi) e dell'efficacia (raggiungimento degli obiettivi per quanto riguarda i valori limite previsti dall'OIF) e
> valutazione qualitativa dei possibili conflitti con altri aspetti economici rilevanti, ma non monetizzabili (abitato, paesaggio, ecologia, qualità abitativa per i residenti, sicurezza della circolazione, altro).

La valutazione della sostenibilità economica e della proporzionalità (SEP) delle misure di protezione contro il rumore in base alla pubblicazione SRU n° 301 dell'UFAM rappresenta uno strumento valido e utile. La prova della SEP costituisce sempre più spesso un elemento standard della pianificazione e della progettazione.

Tuttavia, nella sua forma attuale, spesso il modello non fornisce risultati chiari o sufficientemente conclusivi. Rimane aperta la questione della ponderazione dell'efficienza e dell'efficacia per i progetti che rientrano nelle stesse classi di valutazione. Inoltre, molte valutazioni rientrano nel settore «realizzazione da approfondire» e sono perciò poco eloquenti.

La valutazione della SEP dovrebbe però fornire risultati univoci e utilizzabili per tutte le tipologie di misure di risanamento. Su incarico dell'UFAM si è pertanto cercato di perfezionare ulteriormente il procedimento attuale in questo senso. Lo scopo era quello di ottenere un parametro unico per una valutazione univoca della SEP e di confrontarlo con i criteri di valutazione finora impiegati. Le analisi effettuate si limitano a perfezionare la valutazione della ponderazione degli interessi (fase B.1 del modello SRU n° 301).

Fig. 1 > Diagramma efficienza/efficacia secondo SRU n° 301.

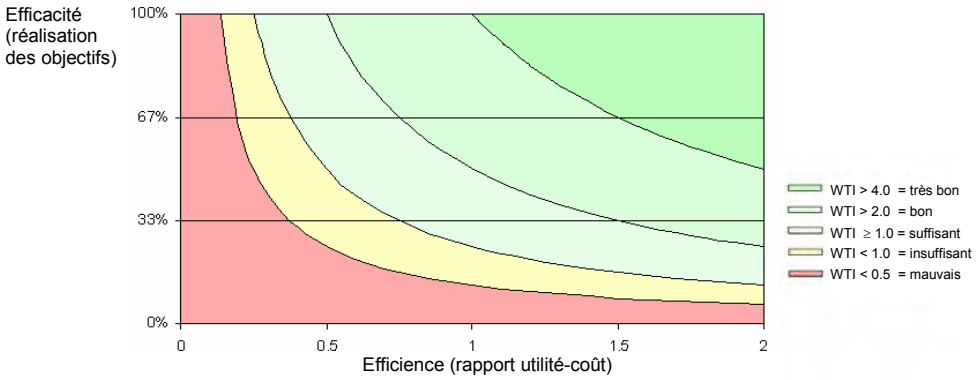


Soluzione proposta

Si propone di calcolare un indice di sostenibilità economica (ISE) sulla base del precedente modello SRU n° 301. Il calcolo e la monetizzazione del massimo beneficio possibile (fase A) e la ponderazione degli interessi (fase B) sono effettuati secondo la procedura seguita finora. La valutazione nella fase B.1 viene invece perfezionata e fornisce risultati univoci. L'indice di sostenibilità economica è calcolato come segue:

ISE = efficacia * efficienza / 25

Fig. 2 > Proposta di un nuovo diagramma efficienza/efficacia.



La valutazione dell'ISE avviene per le seguenti classi:

> ISE >4.0 = ottimo
> ISE >2.0 = buono
> ISE ≥1.0 = sufficiente
> ISE <1.0 = insufficiente
> ISE <0.5 = pessimo

Analisi

Mediante calcoli basati su modelli relativi a diverse strutture edilizie standardizzate e a diverse misure di risanamento è stata verificata l'ipotesi sopra riportata. I risultati sono stati inoltre confrontati con quelli di analisi precedenti già concluse in materia di SEP e con i supporti decisionali finora utilizzati dall'UFAM e dall'USTRA per altri progetti di protezione contro il rumore (costi massimi per ogni casa protetta, costi massimi per ogni appartamento protetto, costi massimi per ogni abitante protetto e riduzione del rumore in dB(A)).

Risultati

Dai risultati delle analisi è possibile trarre le seguenti conclusioni:

> la valutazione dei progetti attraverso l'indice di sostenibilità economica (ISE) nei settori specifici «Realizzazione consigliata» e «Realizzazione non consigliata» coincide con il modello tradizionale SRU n° 301;
> per il settore «Realizzazione da approfondire», l'ISE rappresenta uno strumento che consente di ottenere valutazioni e confronti nettamente migliori di quelli del modello attuale;
> i risultati delle analisi hanno pertanto confermato l'ipotesi di lavoro relativa al nuovo ISE proposto e alle cinque classi di valutazione;
> per valutazioni di massima e per progetti meno complessi è possibile anche applicare il seguente criterio per la valutazione dei costi massimi:
  – 5'000 CHF per ogni dB(A) di riduzione ottenuto con la misura adottata e per ogni abitante (CHF/dB(A) * abitante)
  Il criterio adatto per valutare le misure atte a proteggere immobili singoli e piccoli gruppi di immobili è quello dei costi massimi per immobile (CHF/immobile). Questo valore dipende dalle dimensioni dell'immobile stesso, dalle sue condizioni, dal tipo di utilizzazione e dalla posizione. Per le zone rurali e semiurbane appare adeguato un importo pari a circa 250'000 CHF, che però risulta troppo basso per le zone urbane e i grandi edifici plurifamiliari.
  Le valutazioni dei costi per appartamento forniscono invece risultati poco utilizzabili.

Modulo di calcolo

Per l'applicazione di questo strumento d'aiuto all'esecuzione è stato creato un modulo di calcolo, che è possibile scaricare da Internet (v. capitolo 6).

1 > Mandato e obiettivi

La valutazione della sostenibilità economica e della proporzionalità (SEP) delle misure di protezione contro il rumore in base al diagramma efficienza/efficacia pubblicato nella Serie di scritti sull'ambiente n° 301 dell'UFAM è uno strumento valido e utile, che costituisce sempre più spesso un elemento standard della pianificazione e della progettazione. Nei futuri progetti di risanamento fonico, la prova della sostenibilità economica e della proporzionalità diventerà obbligatoria.

Tuttavia, nella prassi si riscontrano spesso valutazioni non chiare o non sufficientemente conclusive. È il caso, ad esempio, degli interventi molto efficaci e molto costosi (p. es. le coperture) e di quelli che presentano una scarsa efficacia e costi ridotti (p. es. le pareti antirumore, economiche, ma anche poco efficaci). Inoltre, molte valutazioni rientrano nel settore «Realizzazione da approfondire» e sono perciò poco eloquenti.

La valutazione della SEP dovrebbe invece fornire risultati univoci e utilizzabili per tutte le tipologie di misure di risanamento.

L'UFAM ha pertanto dato mandato di perfezionare ulteriormente in questo senso il procedimento attuale. Lo scopo era quello di ottenere un parametro unico per una valutazione univoca della SEP e di confrontarlo con i criteri di valutazione finora impiegati. Le analisi si limitano a perfezionare la valutazione della ponderazione degli interessi (fase B.1 del modello SRU n° 301).

2 > Situazione iniziale

2.1 Il modello secondo SRU n° 301

Per la realizzazione di misure di protezione contro il rumore quali pareti antirumore, risanamento della pavimentazione e coperture, oltre ai problemi generali di finanziamento, è necessario affrontare sempre più spesso questioni relative all'efficienza dei mezzi finanziari impiegati. La legge sulla protezione dell'ambiente (LPAmb) e l'ordinanza contro l'inquinamento fonico (OIF) utilizzano a tal fine i due concetti di «sopportabilità sotto il profilo economico» e «proporzionalità» (p. es. LPAmb artt. 11, 17, 25; OIF artt. 7, 8, 13), senza tuttavia definirli in modo preciso.

Per questo motivo, l'UFAM ha sviluppato un modello che, monetizzando il carico fonico, valuta la sostenibilità economica e la proporzionalità delle misure di protezione contro il rumore. Questo modello è stato descritto nella Serie di scritti sull'ambiente SRU n° 301, UFAM 1998.

La valutazione avviene sulla base di un confronto tra i costi politico-economici e i benefici ottenuti mediante le misure di protezione. La registrazione e la quantificazione di queste due grandezze costituiscono il nucleo del modello.

I costi delle misure di protezione contro il rumore corrispondono ai mezzi finanziari da impiegare per la progettazione, la realizzazione, l'esercizio e la manutenzione delle opere di protezione.

I benefici derivanti dalle misure di protezione vengono definiti come costi del rumore politico-economici, che possono essere evitati agli abitanti interessati grazie alle misure stesse. La differenza fra i costi del rumore con e senza misure equivale ai benefici prodotti dalle misure dal punto di vista dell'economia nazionale. La monetizzazione dei costi del rumore a carico dell'economia nazionale avviene sulla base del «modello edonistico» di formazione dei prezzi, che, attraverso l'analisi dei prezzi di locazione in diverse zone rumorose, determina la disponibilità a pagare per ottenere una riduzione del rumore. Le analisi condotte a livello nazionale e all'estero hanno dimostrato a questo proposito che una riduzione del rumore di 1 decibel fa salire il prezzo di locazione di circa 1 punto percentuale (fattore del prezzo di locazione).

Il modello segue una procedura in due fasi:

A calcolo e monetizzazione del massimo beneficio possibile e
B ponderazione degli interessi.

Nella **fase A**, indipendentemente dalle misure di protezione concrete, viene calcolato il massimo beneficio possibile risultante in relazione alle costruzioni presenti e a quelle potenziali possibili nella zona d'immissione della fonte di rumore. Tale beneficio massimo coincide perciò con i costi politico-economici già esistenti e fornisce una prima indicazione sull'ordine di grandezza entro cui dovranno mantenersi i costi per le future misure di protezione.

Fase A: massimo beneficio possibile

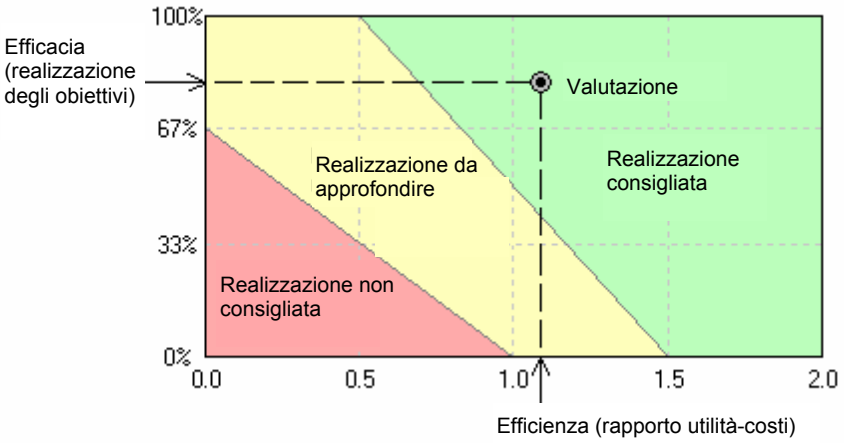
Nella **fase B** viene eseguita la ponderazione degli interessi sulla base dei due criteri dell'efficienza e dell'efficacia:

Fase B: efficienza e efficacia

> l'efficienza definisce il rapporto fra il beneficio economico e i costi per le misure di protezione contro il rumore (costi d'investimento, d'esercizio e di manutenzione convertiti in spese annuali);
> l'efficacia corrisponde al grado di raggiungimento degli obiettivi di protezione fonica previsti dalla legislazione (rispetto dei valori limite d'esposizione) con le misure di protezione (espresso in percentuale).

Questi due criteri vengono raffrontati in una valutazione complessiva dalla quale è possibile ricavare una raccomandazione per la realizzazione pratica delle misure di protezione fonica e per la definizione dell'ulteriore procedura da seguire (cfr. figura 2.1.1).

Fig. 3 > Diagramma efficienza/efficacia.



Come criteri supplementari per la determinazione dei costi politico-economici delle misure di protezione fonica devono essere considerati anche i possibili conflitti con altri interessi (abitato, impatto sul paesaggio, ecologia, qualità abitativa per i residenti, sicurezza della circolazione e altre conseguenze), a seconda dell'entità della limitazio-

ne arrecata (ridotta, media o forte). Questi aspetti non possono essere determinati e monetizzati sulla base di criteri economici, bensì devono fondarsi su parametri qualitativi.

Tab. 1 > Check-list per la valutazione della limitazione arrecata dalle misure di protezione fonica.

Criteri	Entità della limitazione		
	ridotta	media	forte
Impatto sull'abitato			
Valutazione dell'intervento sul paesaggio			
Impatto ecologico (effetto di separazione per la fauna, bilancio idrico ecc.)			
Impatto sulla qualità abitativa per i residenti (incidenza della luce, condizioni di visibilità ecc.)			
Impatto sulla sicurezza della circolazione			
Altre conseguenze			

limitazioni di entità ridotta

Le limitazioni di entità ridotta non devono essere ulteriormente considerate nelle fasi successive della pianificazione.

limitazioni di entità media

In presenza di limitazioni di entità media, il progetto di protezione fonica non viene messo in discussione nella sua totalità, e la priorità è attribuita alla protezione contro il rumore. I possibili conflitti devono però essere chiariti con gli interessati e con gli esperti del settore e, se possibile, attenuati mediante adeguamenti del progetto.

limitazioni di forte entità

Se in uno o più settori si registrano limitazioni di forte entità che gli esperti ritengono intollerabili, le conseguenze negative del progetto sono considerate preponderanti rispetto alle esigenze di protezione contro il rumore. In questo caso è necessario cercare soluzioni alternative insieme agli interessati e agli esperti.

2.2 Esposizione del problema

Le esperienze finora effettuate con la valutazione dell'efficacia e dell'efficienza sulla base del metodo tradizionale mostrano che il risultato rientra spesso nella categoria «Realizzazione da approfondire». In base al modello, questa valutazione vale anche per le due situazioni seguenti:

> efficacia marginale: in presenza di un'elevata efficacia i costi possono essere molto elevati (efficienza ridotta) e
> efficienza marginale: in presenza di un'elevata efficienza gli obiettivi raggiunti (efficacia) possono essere esigui.

Nel modello esistente non si precisa come e secondo quali criteri un progetto deve essere valutato nella categoria «Realizzazione da approfondire».

Inoltre, il confronto fra più varianti non risulta chiaro, poiché per ogni variante vengono usati 2 indicatori (efficienza ed efficacia). Ad esempio, se si confrontano 3 varianti si ottengono 6 indicatori, per 4 varianti 8 indicatori e così via.

2.3 Soluzione proposta

Si propone ora di calcolare un indice di sostenibilità economica (ISE) sulla base del precedente modello SRU n° 301. Il calcolo e la monetizzazione del massimo beneficio possibile (fase A) e della ponderazione degli interessi (fase B) sono effettuati secondo la procedura attuata finora. La valutazione della fase B.1 viene invece perfezionata e consente di ottenere risultati univoci anche nell'ambito delle situazioni marginali sopra descritte.

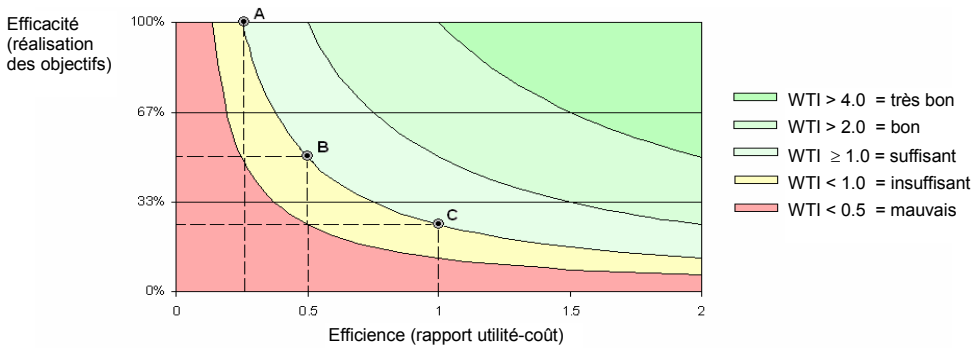
L'ISE è calcolato come segue:

ISE = efficacia * efficienza / 25

La valutazione dell'ISE avviene secondo le seguenti classi:

- ISE >4.0 = ottimo
- ISE >2.0 = buono
- ISE ≥1.0 = sufficiente
- ISE <1.0 = insufficiente
- ISE <0.5 = pessimo

Fig. 4 > Proposta di un nuovo diagramma efficienza/efficacia.



Il limite per una valutazione «sufficiente», ovvero ISE ≥ 1.0, è definito come ipotesi di lavoro nel modo seguente:

- con un'efficacia (raggiungimento degli obiettivi) del 100%, i costi politico-economici possono essere 4 volte superiori ai benefici (efficienza = 0,25; efficacia = 100%; ISE = 1,0), punto A della figura 2.3;
- con un'efficacia del 50%, i costi politico-economici possono essere 2 volte superiori ai benefici (efficienza = 0,5; efficacia = 50%; ISE = 1,0), punto B della figura 2.3;
- con un'efficacia del 25% soltanto, i costi politico-economici possono essere uguali ai benefici (efficienza = 1,0; efficacia = 25%; ISE = 1,0), punto C della figura 2.3.

Queste definizioni conducono a una funzione che separa le valutazioni da sufficiente a ottimo (verde) da quelle che vanno da insufficiente a pessimo (giallo/rosso). I due settori principali verde (ISE $\geq$1) e giallo/rosso (ISE <1) vengono ulteriormente precisati per ottenere valutazioni in 5 classi di ISE (<0,5; <1; $\geq$1; >2; >4).

3 > Procedura / metodo

3.1 Obiettivo

Mediante calcoli basati su modelli relativi alla SEP è stata verificata l'ipotesi sopra riportata per diverse strutture edilizie standardizzate e diverse misure di risanamento. I risultati sono poi stati confrontati con quelli di analisi della SEP già concluse e con i criteri di valutazione di massima finora utilizzati dall'UFAM e dall'USTRA per altri progetti volti alla protezione contro il rumore (costi massimi per ogni casa protetta, costi massimi per ogni appartamento protetto, costi massimi per ogni abitante protetto e riduzione del rumore in dB(A)).

3.2 Procedura

È stata applicata la procedura seguente:

- acquisizione presso l'UFAM e i Cantoni di progetti per il risanamento fonico delle strade per i quali sono state effettuate analisi della SEP;
- definizione delle basi di costo per le misure di protezione contro il rumore;
- definizione delle strutture edilizie standardizzate per i calcoli basati su modelli relativi alla SEP;
- definizione della matrice di analisi (combinazione fra tipo di misura e struttura edilizia);
- esecuzione di calcoli basati su modelli e calcolo del limite superiore di sostenibilità economica, dell'efficienza, dell'efficacia e dell'ISE;
- confronto della valutazione basata sul nuovo metodo con quella effettuata in base allo studio SRU n° 301 e con i criteri di valutazione di massima dell'UFAM e dell'USTRA.

3.3 Condizioni quadro

Nell'ambito del presente studio non sono state considerate quelle misure di protezione contro il rumore che non determinano costi diretti (p. es. riduzione della velocità, modifiche del regime di circolazione). Non sono inoltre stati presi in considerazione neppure i costi derivanti dal risanamento di finestre come misura sostitutiva in base alle facilitazioni concesse.

3.4 Basi relative ai progetti già analizzati

Le richieste rivolte all'UFAM e agli uffici cantonali competenti per la protezione contro il rumore hanno mostrato che, nell'ambito dei progetti di risanamento approvati o in corso di approvazione, soltanto per pochi progetti era stata calcolata la SEP secondo il modello dello studio SRU n° 301. Presso lo studio Grolimund & Partner AG erano disponibili altri calcoli della SEP eseguiti per lo studio delle varianti.

Ai fini delle analisi è stato pertanto possibile utilizzare i seguenti 11 progetti, per i quali erano disponibili analisi della SEP sufficientemente documentate (esclusivamente lungo le autostrade):

- A1 Birrhard: pareti antirumore e pavimentazioni;
- A1 Brunegg: pareti antirumore e pavimentazioni;
- A2 Capolago: pareti antirumore e rivestimenti fonoassorbenti delle pareti di sostegno;
- A12 Chamblioux: copertura;
- A2 Erstfeld: copertura;
- A2 Erstfeld – Amsteg: pareti antirumore e pavimentazioni;
- A3 Frick: Belag, semicopertura e innalzamento della parete antirumore;
- A1 Lenzburg: pareti antirumore, pavimentazioni e semicopertura;
- A1 Othmarsingen: pareti antirumore e pavimentazioni;
- A2 Seedorf – Amsteg: pavimentazioni;
- A2 Zofingen: semicopertura.

Questi progetti sono descritti negli allegati da 1 a 11.

3.5 Strutture edilizie e misure di protezione contro il rumore analizzate

Per i calcoli basati su modelli sono state definite 3 strutture edilizie standardizzate (cfr. allegato 12):

- struttura a carattere prevalentemente urbano: edificazione ad alta densità con 9 edifici da 3 a 12 piani con 170 appartamenti e 510 abitanti (3 per appartamento);
- struttura a carattere prevalentemente semiurbano: edificazione con 12 edifici da 3 a 4 piani con 58 appartamenti e 174 abitanti (3 per appartamento);
- struttura a carattere prevalentemente rurale: edificazione a bassa densità con 12 edifici da 1 a 3 piani con 14 appartamenti e 42 abitanti (3 per appartamento).

Come fonte di rumore è stata definita un'autostrada a quattro corsie (larga 20 m). Le emissioni sono state selezionate in modo tale che, nella condizioni di partenza senza misure antirumore, nei punti di immissione il valore limite d'immissione del grado di sensibilità GS III venisse superato al massimo di 8 dB(A). Salvo approssimazioni, tale principio vale anche per le situazioni in cui l'intensità del traffico e la distanza fra gli

edifici e la strada risultano dimezzate, ovvero nel caso di strade principali molto trafficate.

Mediante calcoli basati su modelli sono state analizzate le seguenti misure di protezione fonica:

> pareti antirumore con un'altezza compresa fra 2 e 5 metri;
> pavimentazioni stradali fonoassorbenti: si è operata una distinzione fra una pavimentazione con un'efficacia di –3 dBA rispetto alla pavimentazione originaria e una durata in opera di 25 anni (esempio: sostituzione di una pavimentazione in calcestruzzo con K_B = +5 dBA con una pavimentazione AC 11 con K_B = +2 dBA), una pavimentazione con un effetto di –5 dBA e una durata in opera di 12,5 anni (esempio: sostituzione di una pavimentazione AC 11 con K_B = +2 dBA con una pavimentazione PA 8/11 con K_B = –3 dBA) e una pavimentazione con un effetto di –5 dBA e una durata in opera di 25 anni. L'effetto di attenuazione del rumore nel calcolo della SEP, pari a rispettivamente 3 e 5 dBA, corrisponde alla differenza di livello fra la pavimentazione applicata e quella originaria da risanare e non deve essere confuso con la correzione delle emissioni della pavimentazione rispetto al modello StL–86+;
> combinazione di pareti antirumore e pavimentazioni stradali fonoassorbenti;
> coperture con lunghezze variabili (100%, 66% e 33% dell'insediamento urbano);
> combinazione di coperture (66% e 33% dell'insediamento urbano) e pavimentazioni stradali fonoassorbenti sui tratti non ricoperti. Questo metodo equivale all'incirca alla copertura con successiva realizzazione di pareti antirumore per la protezione dei tratti non ricoperti.

3.6 Matrice di analisi

Tenendo conto delle strutture edilizie sopra definite e delle misure di protezione fonica sono stati effettuati dei calcoli basati su modelli per i casi descritti nella seguente tabella.

Tab. 2 > Matrice di analisi con i calcoli della SE basati su modelli (in grigio).

Strutture di edificazione	Misure di protezione fonica				
	I PAR	**II** Pavim.	**III** PAR + pavim.	**IV** Copertura	**V** Copertura + pavim.
A Carattere urbano	A I	A II	A III	A IV	A V
B Carattere semi-urbano	B I	B II	B III	B IV	B V
C Carattere rurale	C I	C II	C III		

Le due combinazioni «struttura edilizia rurale con coperture» e «coperture + pavimentazioni di risanamento» non sono state analizzate poiché risultano non economiche già da una prima semplice osservazione.

I calcoli basati su modelli (allegati 13–21) e i progetti utilizzati come base per il confronto (allegati 1–11) sono contrassegnati in alto a destra con il corrispondente codice della matrice (figura 3.6).

3.7 Basi di costo e durata delle misure di protezione fonica

Per le misure di protezione fonica sono stati applicati i costi seguenti:

- pareti antirumore 1200.– / m^2;
- pavimentazione di risanamento (effetto –3 dBA) 30.– / m^2;
- pavimentazione di risanamento (effetto –5 dBA) 35.– / m^2;
- adattamento del drenaggio * 120.– / m^2;
- servizio invernale supplementare * 10.– / m^2 all'anno;
- monitoraggio della pavimentazione di risanamento (durata in opera 12,5 anni) * 1440.– / km all'anno;
- monitoraggio della pavimentazione di risanamento (durata in opera 25 anni) * 1160.– / km all'anno;
- copertura 5000.– / m^2.

I costi contrassegnati con * vengono considerati soltanto per le pavimentazioni di risanamento con un effetto di riduzione del rumore di –5 dBA (asfalto drenante).

I costi sono stati calcolati sulla base di progetti di risanamento di diversi Cantoni e verificati dall'UFAM e dall'USTRA.

Poiché le pavimentazioni di risanamento sulle autostrade sono spesso realizzate su lunghe distanze, i costi di copertura per tutte e tre le strutture edilizie sono stati calcolati in generale su 1 km, con una lunghezza dell'insediamento urbano di circa 300 m.

La durata (periodo di ammortamento) delle pareti antirumore è stata stimata a 25 anni, come pure quella delle pavimentazioni di risanamento con un effetto attenuante di –3 dBA. Per le pavimentazioni con un effetto di –5 dBA, è stato calcolato l'impatto esercitato da una durata in opera di 12,5 e 25 anni. Una pavimentazione con una durata in opera di 12,5 deve essere realizzata due volte nel corso di 25 anni e comporta pertanto costi maggiori. Per le coperture è stata stimata una durata di 50 anni.

3.8 Valutazione di massima UFAM / USTRA

In passato, oltre al modello SRU n° 301, l'UFAM e l'USTRA hanno impiegato anche delle semplici valutazioni di massima per verificare la SEP. In tali valutazioni sono stati considerati i costi massimi delle misure di protezione contro il rumore sulla base dei tre parametri seguenti:

> costi per ogni casa protetta:	circa 80’000.–	(strade cantonali)
	da 150’000.– a 250’000.–	(strade cantonali)
> costi per ogni dBA di riduzione e per abitante:	fino a 5’000.–	
> costi per ogni appartamento protetto:	da 30’000.– a 40’000.–	

4 > Risultati delle analisi

4.1 Documentazione dei risultati

progetti esistenti

I risultati e le basi più importanti delle analisi della SEP relative a progetti esistenti sono riepilogati negli allegati da 1 a 11, che contengono le seguenti informazioni:

- intestazione con le più importanti informazioni di base (misure, tipo di strada, localizzazione approssimativa nel Cantone e designazione della matrice per la struttura edilizia e il tipo di misura conformemente alla fig. 3.6);
- descrizione dell'impianto da risanare e dei Comuni interessati con un piano sinottico della zona analizzata;
- matrice della struttura edilizia e del tipo di misura di protezione fonica analizzate con classificazione del progetto;
- costi delle misure di protezione fonica conformemente alla documentazione del progetto;
- indicatori dell'economicità (fasi A: limiti superiori e B: ponderazione degli interessi) integrati con l'ISE;
- valutazione della sostenibilità economica secondo le categorie precedenti («Realizzazione consigliata», «Realizzazione da approfondire», «Realizzazione non consigliata») e in base al nuovo metodo mediante l'ISE.

calcoli basati su modelli

I calcoli basati su modelli, effettuati a titolo complementare sulla base delle tre strutture edilizie tipizzate, sono stati eseguiti nel modulo relativo alla sostenibilità economica incluso nel programma SLIP (*Strassenlärm-Immissionsprognosen*, previsioni del rumore stradale) della Grolimund & Partner AG. I risultati sono raccolti negli allegati da 13 a 21, i quali vengono suddivisi nel modo seguente:

- diagramma efficienza/efficacia con i risultati dei calcoli basati su modelli per le varianti analizzate nelle tre strutture edilizie tipizzate;
- confronto tra i risultati dei calcoli basati su modelli e la valutazione secondo le categorie dell'indice di sostenibilità economica e secondo la check list UFAM/USTRA. Sono stati evidenziati su sfondo grigio quei settori secondo i quali l'indice di sostenibilità economica è superiore a 1,0 oppure i costi delle misure di protezione contro il rumore (per casa, per dBA e abitante o per appartamento) sono superiori a quelli massimi consentiti in base al paragrafo 3.8.

Ai fini del confronto con i calcoli basati su modelli, nel diagramma efficienza/efficacia sono state raffigurate anche le analisi della SEP disponibili e caratterizzate dalla stessa tipizzazione per quanto riguarda le strutture edilizie e le misure di protezione contro il rumore.

Nei paragrafi da 4.2 a 4.8, i risultati delle analisi condotte in base a modelli sono commentati secondo la seguente struttura:

> affermazioni generali sull'efficienza del gruppo di misure (benefici/costi);
> affermazioni generali sull'efficacia del gruppo di misure (raggiungimento degli obiettivi);
> confronto tra la valutazione sulla base del modello SRU n. 301 e il nuovo metodo dell'ISE;
> confronto con i progetti di riferimento disponibili;
> osservazioni sulle valutazioni di massima.

4.2 Pareti antirumore

Allegato 13

> L'efficienza aumenta proporzionalmente alla densità di edificazione (dalle zone rurali alle zone urbane) quando gli ostacoli sono correttamente dimensionati dal punto di vista acustico. L'altezza ottimale degli ostacoli per le strutture edilizie considerate è di 4–5 m nelle zone rurali e semiurbane e ≥ 5 m nelle aree urbane.
> L'efficacia si riduce indipendentemente dall'altezza degli ostacoli con l'aumentare della densità di edificazione. In presenza di ostacoli di altezza uguale, l'efficacia risulta nettamente maggiore nelle strutture rurali che in quelle urbane. Al di sotto dell'efficacia marginale, i costi più elevati delle pareti vengono più o meno compensati dai maggiori benefici.
> Secondo il metodo di valutazione tradizionale tutte le varianti calcolate rientrano nel settore «Realizzazione da approfondire». L'analisi mediante l'ISE consente di fornire valutazioni molto più differenziate. Ad esempio, un ostacolo di 4 m in una zona semiurbana ottiene una buona valutazione, mentre per un ostacolo di 2 m emerge un'insufficiente ponderazione degli interessi. Nelle strutture di carattere prevalentemente rurale l'ISE è inferiore a 1 per tutte le altezze considerate, che vengono pertanto ritenute insufficienti.
> Il progetto di riferimento Capolago ottiene la valutazione «ottimo» (ISE >14), mentre il progetto Frick viene valutato da «insufficiente» a «pessimo» (ISE <0.5).
> La valutazione secondo i criteri «costi per ogni casa», «costi per dBA e abitante» e «costi per ogni appartamento» coincide con quella ottenuta attraverso l'ISE. Fa eccezione l'ostacolo di 5 m in zona urbana e semiurbana. I risultati coincidono pienamente con la valutazione dei costi per dBA e abitante. Per quanto riguarda i costi per ogni casa, i 250'000 CHF potrebbero essere insufficienti per la realtà urbana.

4.3 Pavimentazioni

Allegato 14

> L'efficienza aumenta proporzionalmente alla densità di edificazione (dalle zone rurali alle zone urbane) e alla durata in opera delle pavimentazioni.
> L'efficacia dipende esclusivamente dall'effetto acustico della pavimentazione e non dal tipo di struttura edilizia.

> Secondo il metodo di valutazione tradizionale tutte le varianti per le zone a carattere prevalentemente urbano e la migliore variante semiurbana si collocano nel settore «Realizzazione consigliata», mentre tutti gli altri interventi di risanamento rientrano nella categoria «Realizzazione da approfondire». L'analisi attraverso l'ISE consente anche in questo caso di fornire valutazioni molto più differenziate. Ad esempio, le varianti di pavimentazione per zone urbane e semiurbane ottengono valutazioni da buone a ottime, mentre i risanamenti delle pavimentazioni nelle zone a carattere prevalentemente rurale ottengono valutazioni insufficienti (ISE <1).
> Il progetto di riferimento Frick ottiene la valutazione da «sufficiente» a «buono», mentre l'intervento di risanamento dell'intero territorio Urner Unterland (Seedorf – Amsteg) viene valutato come «pessimo». La densità di edificazione e il numero degli immobili interessati dal superamento dei valori limite sono troppo ridotti rispetto alla lunghezza del tracciato stradale.
> La valutazione secondo i criteri «costi per ogni casa», «costi per dBA e abitante» e «costi per ogni appartamento» coincide con quella ottenuta attraverso l'ISE.

4.4 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –3 dBA, durata in opera 25 anni

Allegato 15

> L'efficienza aumenta proporzionalmente alla densità di edificazione (dalle zone rurali alle zone urbane). L'altezza ottimale degli ostacoli per la struttura edilizia considerata è di 3–4 m nelle zone rurali e semiurbane e ≥ 5 m nelle aree urbane.
> In presenza di ostacoli di altezza uguale, l'efficacia si riduce con l'aumentare della densità di edificazione. Con ostacoli identici, l'efficacia risulta nettamente maggiore nelle strutture rurali che in quelle urbane.
> Secondo il metodo tradizionale, le misure attuate nelle zone urbane ottengono la valutazione «Realizzazione consigliata», mentre nelle zone semiurbane e rurali ottengono la valutazione «Realizzazione da approfondire». L'analisi attraverso l'ISE consente di fornire valutazioni più precise. Per le zone urbane e semiurbane si ottiene la valutazione «buono», mentre nelle strutture edilizie a carattere prevalentemente rurale gli interventi di risanamento vengono valutati come lievemente «insufficienti» (ISE <1). Poiché tuttavia non si tratta di una valutazione categorica, è possibile che, in presenza di molti immobili critici, un risanamento possa raggiungere un ISE ≥1 e, pertanto, essere valutato come «sufficiente».
> I progetti di riferimento Brunegg, Birrhard e Othmarsingen vengono classificati come «buoni», mentre gli interventi di risanamento di Lenzburg e Erstfeld ottengono il giudizio «sufficiente».
> La valutazione secondo il criterio «costi per ogni casa» determina delle divergenze per quanto riguarda le elevate altezze degli ostacoli nelle zone urbane e semiurbane. In questo caso, i costi di 250'000 CHF per ogni casa potrebbero essere troppo bassi. Per quanto riguarda i costi per dBA e abitante, la valutazione coincide con quella dell'ISE. La valutazione attraverso i costi per ogni appartamento nelle zone semiurbane risulta problematica.

4.5 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –5 dBA, durata in opera 12,5 anni

Allegato 16

- I dati relativi all'efficienza, all'efficacia e al confronto tra la valutazione secondo il modello tradizionale e l'ISE corrispondono ai commenti riportati nel paragrafo 4.4 (pareti antirumore + pavimentazione –3dBA).
- Il progetto di riferimento Erstfeld Nord – Amsteg (Reussbrücke Grund) ottiene, attraverso l'ISE, una valutazione da «sufficiente» a «buono».
- La valutazione secondo il criterio «costi per ogni casa» produce invece sostanziali differenze. Anche in questo caso i costi di 250'000 CHF per ogni casa potrebbero essere troppo bassi. Per quanto riguarda i costi per dBA e abitante, la valutazione coincide con quella ottenuta mediante l'ISE. La valutazione attraverso i costi per ogni appartamento nelle zone semiurbane risulta problematica.

4.6 Pareti antirumore e pavimentazione, effetto –5 dBA, durata in opera 25 anni

Allegato 17

- I dati relativi all'efficienza, all'efficacia e al confronto tra la valutazione secondo il modello tradizionale e l'ISE corrispondono sostanzialmente ai commenti riportati nei paragrafi 4.4 e 4.5 (pareti antirumore + pavimentazione).
- È inoltre possibile constatare che ad un aumento dell'effetto acustico della pavimentazione corrisponde un aumento dell'efficacia e dell'ISE. In caso di efficacia costante, con un effetto uguale della pavimentazione e una durata in opera doppia aumentano sia l'efficienza che l'ISE.
- I progetti di riferimento ottengono una valutazione da «sufficiente a «ottimo».
- La valutazione secondo il criterio «costi per ogni casa» mostra notevoli differenze (costi di 250'000 CHF per ogni casa troppo bassi). Per quanto riguarda i costi per dBA e abitante, la valutazione coincide con quella ottenuta mediante l'ISE. La valutazione attraverso i costi per ogni appartamento nelle zone semiurbane risulta problematica.

4.7 Coperture

Allegato 18

- L'efficienza aumenta proporzionalmente alla densità di edificazione e al numero delle persone protette.
- L'efficacia delle coperture lunghe è maggiore rispetto a quella delle opere che non proteggono tutte le persone interessate.
- In base al metodo tradizionale, le coperture corte rientrano nella categoria «Realizzazione non consigliata», mentre quelle che proteggono almeno il 50% delle abitazioni critiche sono «da approfondire». Per quanto riguarda le strutture edilizie e i superamenti dei valori limite analizzati, la valutazione mediante l'ISE dà come risultato un giudizio «pessimo» (ISE <0,5) per tutte le varianti.
- In generale, le coperture presentano una bassa efficienza (costi) e un'elevata efficacia (raggiungimento degli obiettivi).

> I progetti di riferimento Chamblioux e Zofingen ottengono la valutazione «sufficiente», mentre per le coperture Frick e Erstfeld il giudizio è «pessimo».
> La considerazione dei costi massimi secondo il paragrafo 3.8 dà come risultato una valutazione «insufficiente» per tutte le varianti.
> In particolare per le coperture occorre ponderare adeguatamente altri aspetti come la protezione del paesaggio e dell'abitato, la rumorosità generale delle aree urbane, l'effetto di separazione esercitato dal traffico e il recupero di suolo a scopi edilizi. I valori aggiunti corrispondenti devono essere monetizzati e computati nei costi.

4.8 Coperture combinate a pavimentazioni

Allegato 19–21

> In queste varianti le coperture proteggono soltanto una parte degli immobili critici. Alla fine e all'inizio delle zone coperte vengono perciò realizzate delle pavimentazioni fonoassorbenti. In media, gli stessi effetti di riduzione del rumore di 3–5 dBA possono essere ottenuti ad esempio anche con pareti antirumore integrative. Le seguenti combinazioni valgono perciò anche per le coperture integrate con pareti antirumore.
> L'efficienza aumenta proporzionalmente alla densità di edificazione e al numero delle persone protette. Poiché i costi delle coperture sono nettamente preponderanti, l'efficienza non varia sostanzialmente in base all'effetto e ai costi delle misure integrative (pareti, pavimentazioni).
> L'efficacia delle coperture lunghe è maggiore rispetto a quella delle opere che non proteggono tutte le persone interessate. Tuttavia, mediante le misure integrative è possibile migliorare decisamente l'efficacia delle coperture più corte.
> Secondo il metodo di valutazione tradizionale, tutte le varianti rientrano nella categoria «Realizzazione da approfondire». Il metodo dell'ISE consente invece di ottenere una valutazione più differenziata per le strutture edilizie e i superamenti dei valori limite analizzati. I progetti caratterizzati da una lunghezza ottimale e accompagnati da misure integrative potrebbero raggiungere un ISE >1 qualora molte persone fossero esposte a superamenti consistenti dei valori limite.
> Per queste analisi non erano disponibili progetti di riferimento paragonabili.
> Le osservazioni dei costi massimi secondo il paragrafo 3.8 danno come risultato una valutazione «insufficiente» per tutte le varianti.

5 > Conclusioni / sensitività

5.1 Conclusioni

Dai risultati delle analisi è possibile trarre le seguenti conclusioni:

> la valutazione dei progetti attraverso l'ISE nei settori specifici «Realizzazione consigliata» e «Realizzazione non consigliata» coincide con il modello tradizionale SRU n° 301;
> per il settore «Realizzazione da approfondire», l'ISE consente di ottenere valutazioni più chiare e di confrontare meglio le diverse varianti;
> i risultati delle analisi hanno perciò confermato l'ipotesi di lavoro relativa al nuovo ISE proposto e alle cinque classi di valutazione.

Per quanto riguarda i singoli gruppi di misure (ostacoli, pavimentazioni, coperture, combinazioni) si sono ottenute le seguenti informazioni:

> per quanto riguarda le pareti antirumore, è possibile incrementare l'efficacia aumentando l'altezza delle pareti stesse. E ciò senza influire in modo importante sull'efficienza, in quanto i maggiori benefici e i maggiori costi si annullano pressoché totalmente a vicenda. L'ISE aumenta proporzionalmente all'altezza della parete e, anche tenendo conto della struttura edilizia, rappresenta un'ottimizzazione. In base all'esperienza, tuttavia, nella maggior parte dei casi le altezze massime degli ostacoli non vengono determinate in base alle esigenze di protezione contro il rumore bensì secondo criteri relativi alla protezione del paesaggio e dell'abitato, alla fattibilità tecnica o ad altri interessi.
> L'ISE dei risanamenti delle pavimentazioni aumenta proporzionalmente all'effetto acustico e alla durata in opera delle pavimentazioni stesse. Anche questo fatto conferma l'opportunità di una valutazione mediante l'ISE.
> Per quanto riguarda le coperture come unica misura per la protezione di interi agglomerati urbani, si ottiene sempre una valutazione negativa della sostenibilità economica e della proporzionalità. Soltanto l'ottimizzazione della lunghezza della copertura integrata con altre misure (pareti antirumore, pavimentazioni) crea i presupposti per una valutazione positiva della SEP.
> La valutazione dei progetti di riferimento esistenti concorda con il nuovo metodo di valutazione definito.
> Per i progetti più semplici e per le misure di protezione di immobili singoli o di piccoli gruppi di edifici, ai fini della valutazione della SEP è adatta anche un'analisi dei costi massimi con i criteri seguenti:
  – 5'000 CHF per ogni dBA di riduzione ottenuta con la misura adottata e per abitante (CHF/dBA * abitante) e

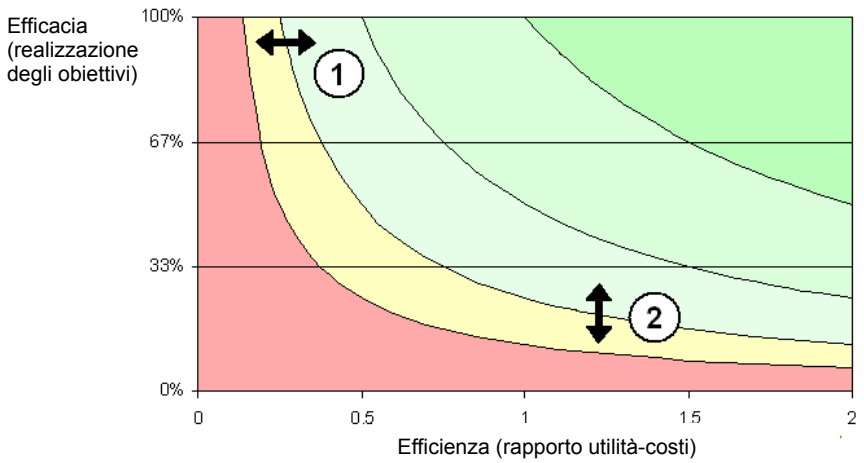
– costi massimi per immobile (CHF/immobile).
  Il secondo valore dipende dalle dimensioni dell'immobile, dalle sue condizioni, dall'utilizzazione e dalla posizione. Attualmente non è possibile indicare un valore definitivo. Per le zone rurali e semiurbane appare adeguato un importo di circa 250'000 CHF, che invece risulta troppo basso per le zone urbane e i grandi edifici plurifamiliari.
  Le analisi dei costi per ogni appartamento forniscono valutazioni poco utilizzabili.

5.2 Sensitività

> Le analisi si sono basate tendenzialmente su costi piuttosto elevati. Questo significa che, a parità di efficacia, l'efficienza dovrebbe essere generalmente maggiore e le valutazioni potrebbero essere più positive.

> Analizzando le curve di valutazione si osserva che le piccole variazioni dei costi in caso di elevata efficacia 1 e le piccole variazioni dei benefici in caso di elevata efficienza 2 producono rapidamente dei cambiamenti di classe. Tale fenomeno deve essere tenuto in considerazione soprattutto per gli interventi di risanamento con un ISE di circa 1,0.

Fig. 5 > Sensibilità in zone marginali.



> L'affidabilità e la comparabilità delle valutazioni della SEP dipende fortemente dai costi presunti, dalla determinazione dei dati di base (isofone, calcoli delle superfici, attribuzione alle varie classi di inquinamento, calcoli della superficie lorda per piano ecc.) e da un corretto utilizzo dei programmi di calcolo.

6 > Modulo di calcolo

Sulla base di questo documento è stato creato uno strumento di calcolo (calcolo tabellare), che può essere scaricato al seguente indirizzo:

http://www.ambiente-svizzera.ch/pubblicazioni > Rumore

Sotto il medesimo «link» è possibile trovare un manuale d'utilizzo e un esempio di calcolo. È consigliabile esercitarsi nell'utilizzo del modulo di calcolo tramite l'aiuto dell'esempio (allegato 3 del manuale): si proceda in base alle indicazioni contenute nel capitolo 2 del manuale.

Il modulo di calcolo è basato esclusivamente sugli algoritmi della pubblicazione «Scritti sull'ambiente n° 301». Per l'introduzione dei dati sono state effettuate delle precisazioni e definiti dei valori standard. La valutazione è stata ottimizzata sulla base del presente documento.

> Allegati

Récapitulatif des analyses CESP des projets existants

1 A1 Birrhard 31
2 A1 Brunegg 32
3 A2 Capolago 32
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

Modellizzazioni

12 Strutture edilizie 44
13 Pareti antirumore 45
14 Pavimentazioni 47
15 Pareti antirumore e pavimentazione –3 dBA[1] (durata in opera 25 anni) 49
16 Pareti antirumore e pavimentazione –5 dBA[1] (durata in opera 12,5 anni) 51
17 Pareti antirumore e pavimentazione –3 dBA[1] (durata in opera 25 anni) 53
18 Coperture 55
19 Coperture e pavimentazione –3 dBA[1] (durata in opera 25 anni) 57
20 Coperture e pavimentazione –5 dBA[1] (durata in opera 12,5 anni) 59
21 Coperture e pavimentazione –5 dBA[1] (durata in opera 25 anni) 61

1 Per le pavimentazioni stradali fonoassorbenti si è operata una distinzione fra una pavimentazione con un effetto di –3 dBA rispetto alla pavimentazione originaria e una durata in opera di 25 anni (esempio: sostituzione di una pavimentazione in calcestruzzo con K_B = +5 dBA con una pavimentazione AC 11 con K_B = +2 dBA), una pavimentazione con un effetto di –5 dBA e una durata in opera di 12.5 anni (esempio: sostituzione di una pavimentazione AC 11 con K_B = +2 dBA con una pavimentazione PA 8/11 con K_B = –3 dBA) e una pavimentazione con un effetto di –5 dBA e una durata in opera di 25 anni. L'effetto di riduzione di 3 e 5 dBA nel calcolo della SEP corrisponde alla differenza di livello fra la pavimentazione di risanamento e la pavimentazione originaria da risanare e non deve essere confuso con la correzione delle emissioni della pavimentazione rispetto al modello di calcolo StL–86+.

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

Tronçon étudié:

- Autoroute A1, km 265.0–267.8

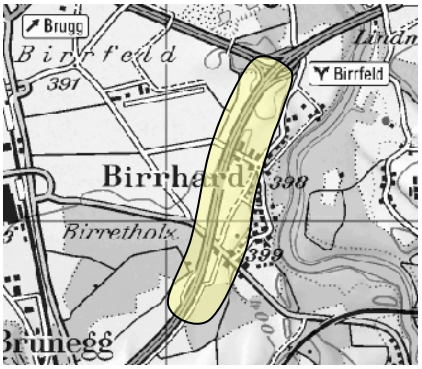
Commune:

- Birrhard

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:



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^2
Revêtement DRA: 30.–/m^2
Parois antibruit: 800.–/m^2

Entretien supplémentaire du DRA: 38'160.–/an

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.–

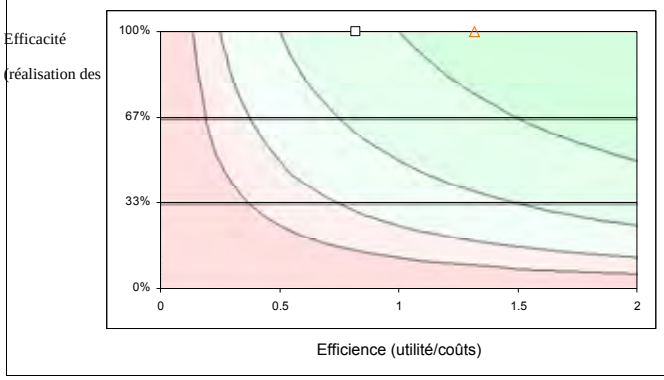
Pesée des intérêts (étape B)

Variante	Coeff. d' occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
☐ SMA et LSW	actuel	251'457	205'361	0.82	100	3.3
△ DRA et LSW	actuel	188'520	249'757	1.32	100	5.3

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



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

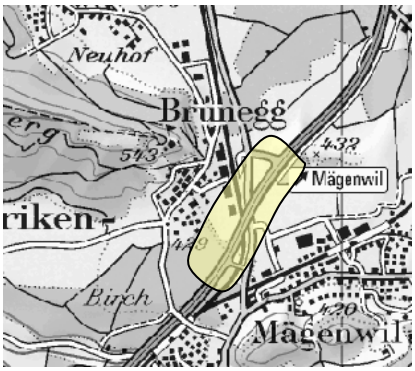
Commune:

- Brunegg

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:



Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- SMA et parois antibruit	2'122'000.–	25 ans
- DRA et parois antibruit	2'377'000.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

Revêtement SMA: 30.–/m²
Revêtement DRA: 30.–/m²
Parois antibruit: 800.–/m²

Entretien supplémentaire du DRA: 22'380.–/an

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
☐ SMA et LSW	actuel	154'094	117'863	0.76	100	3.0
△ DRA et LSW	actuel	113'708	133'504	1.17	100	4.7

Appréciation:

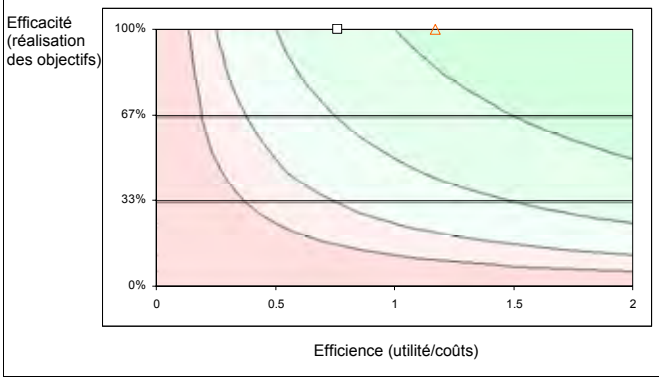
☐ SRU 301 ☑ recommandé ☐ à étudier de façon plus approfondie ☐ non recommandé

☐ nouv. modèle ☐ très bon ☑ bon ☐ suffisant ☐ insuffisant ☐ mauvais

△ SRU 301 ☑ recommandé ☐ à étudier de faço 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

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

Coûts:

Variantes 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^2
Revêtement absorbant des murs de soutien: 350.–/m^2
Parois antibruit sur les ponts: 600.–/m^2

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
☐ Parois antibruit et	actuel	1'146'000	4'343'885	3.79	97	14.7
■ revêt. absorbant	100%	1'146'000	4'390'754	3.83	95	14.6

Appréciation:

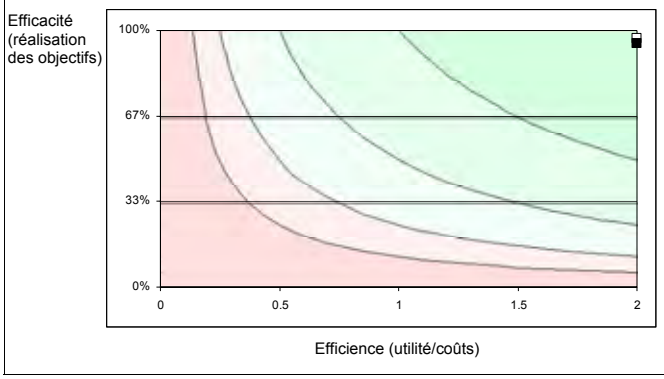
☐ SRU 301 ☑ recommandé ☐ à étudier de façon plus approfondie ☐ non recommandé

☐ 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



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

4 Recouvrements et PAB, autoroute A12, canton de Fribourg B / I + IV

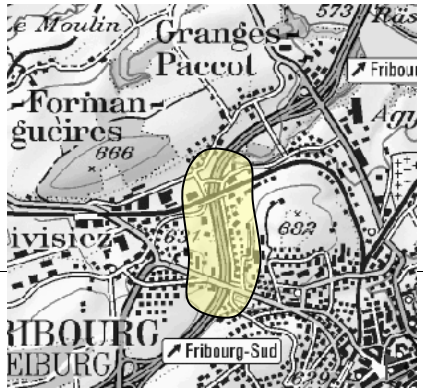
Tronçon étudié:

- Autoroute A12, km 50.9–52.5

Communes:

- Fribourg (Chamblioux)
- Givisiez
- Granges-Paccot

Périmètre d'investigation:



Mesures antibruit

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

Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Recouvrement de l'autoroute et parois antibruit	31'633'000.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

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

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
☐ Recouvrement et	actuel	1'897'982	705'183	0.37	100	1.5
■ parois antibruit	100%	1'897'982	927'495	0.49	100	2.0

Appréciation:

☐ SRU 301 ☐ recommandé ☑ à étudier de façon plu approfondie ☐ non recommande

☐ nouv. modèle ☐ très bon ☐ bon ☑ suffisant ☐ insuffisant ☐ mauvais

■ SRU 301 ☐ recommandé ☑ à étudier de façon plu approfondie ☐ non recommande

■ 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

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:

Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Recouvrement de l'autoroute (tranchée couverte)	34'725'600.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

Recouvrement de l'autoroute (transchée 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	Efficience	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

Tronçon étudié:

- Autoroute A2, km 148.2–156.3

Communes:

- Erstfeld
- Gurtnellen

Périmètre d'investigation:

Mesures antibruit

Milieu	I Paroi antibruit	II Revête-ment	III Paroi + revêt.	IV Recouv-rement	V Recouv-rement + revêt.
A urbain					
B semi-urbain					
C rural			X		

Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- 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

Coûts admis pour le calcul

Revêtement SMA:	30.–/m^2	Surveillance DRA 12.5 ans:	144'000.–
Revêtement DRA:	36.–/m^2	Surveillance DRA 25 ans:	234'000.–
Parois antibruit:	1'200.–/m^2	Entretien supplémentaire DRA:	75'000.–/an

Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:

Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)

Utilité monétarisée maximale possible: 829'667.– capitalisé à 5%: 16'593'340.–

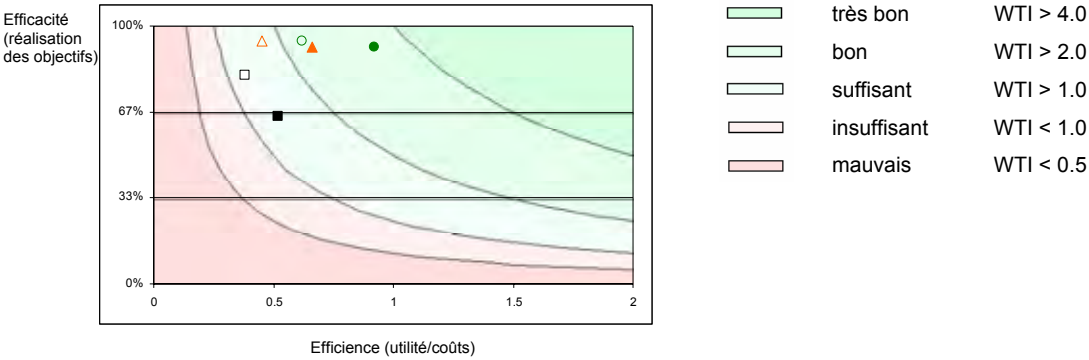
Pesée des intérêts (étape B)

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:

□	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
△	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
○	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



7 PAB, revêtement et recouvrement partiel A3, canton d'Argovie C / I, II, IV

Tronçon étudié:

- Autoroute A3, km 36.2–37.7

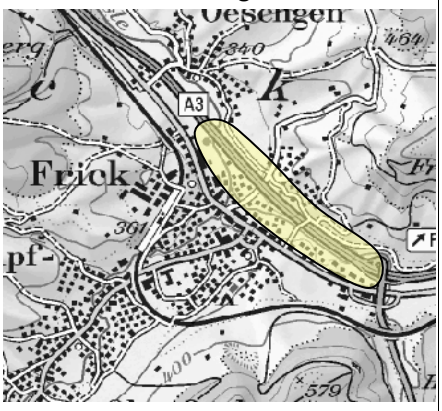
Commune:

- Frick

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:



Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Revêtement drainant	1'207'500.–	25 ans
- Recouvrement partiel de l'autoroute (tranchée semi-couverte)	24'000'000.–	25 ans
- Surélévation des parois antibruit	6'300'000.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

Revêtement DRA:	35.–/m^2
Recouvrement partiel:	36'900.–/m'
Parois antibruit:	1'500.–/m^2

Valeurs caractéristiques concernant le caractère économiquement supportable:

Limite supérieure du caractère économiquement supportable (étape A)

Utilité monétarisée maximale possible: 61'268.– capitalisé à 5%: 1'225'360.–

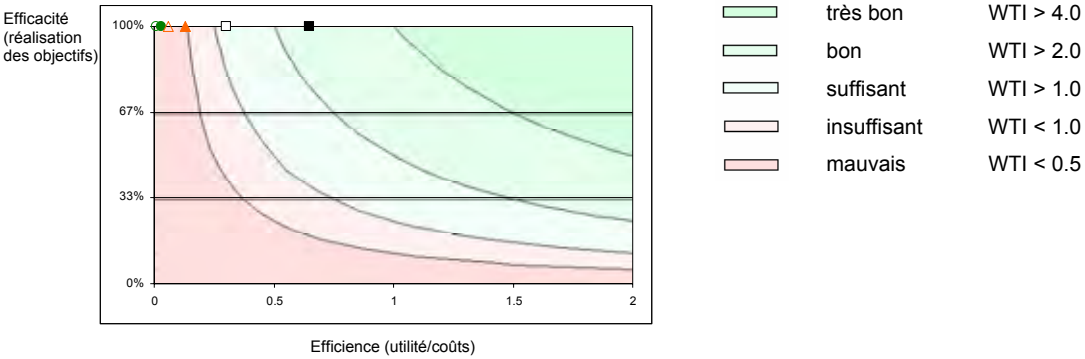
Pesée des intérêts (étape B)

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	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:

□	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
△	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
○	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



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:

Mesures antibruit

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

Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- SMA, parois antibruit et recouvrement partiel de l'autoroute	32'092'000.–	25 ans
- DRA, parois antibruit et recouvrement partiel de l'autoroute	34'921'000.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

Revêtement SMA:	30.–/m²	Recouvrement partiel de l'autoroute:	50'000.–/m'
Revêtement DRA:	30.–/m²	Entretien supplémentaire du DRA:	62'420.–/an
Parois antibruit:	800.–/m²		

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.–

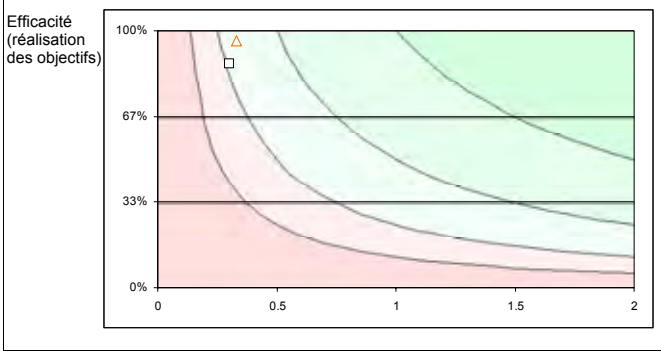
Pesée des intérêts (étape B)

Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
☐ SMA, PAB et recouvrement partiel	actuel	2'329'916	694'133	0.30	87	1.0
△ 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 plu 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

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 semi-urbain					
C rural			X		

Périmètre d'investigation:

Coûts:

Variantes 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^2
Revêtement DRA: 30.–/m^2
Parois antibruit: 800.–/m^2

Entretien supplémentaire du DRA: 33'000.–/an

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
☐ SMA et LSW	actuel	118'520	95'496	0.81	100	3.2
△ DRA et LSW	actuel	131'715	101'015	0.77	100	3.1

Appréciation:

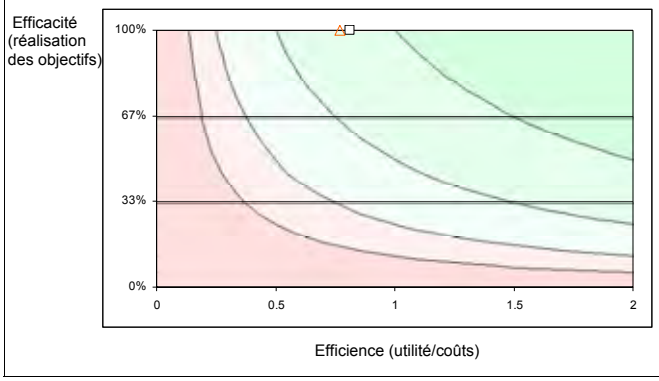
☐ SRU 301 ☑ recommandé ☐ à étudier de façon plus approfondie ☐ non recommandé

☐ 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

10 Revêtement routier, autoroute A2, canton d'Uri C / II

Tronçon étudié:

- Autoroute A2, km 142.8–157.6

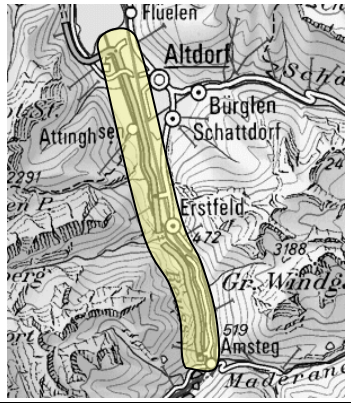
Communes:

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

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:



Coûts:

Variantes de mesures antibruit	Coûts totaux:	Période de référence:
- Revêtement drainant	13'068'000.–	25 ans

Coûts admis pour le calcul

Revêtement DRA:	30.–/m²
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
☐ Revêtement drainant	actuel	1'081'080	87'343	0.08	79	0.3
■	100%	1'081'080	105'615	0.10	82	0.3

Appréciation:

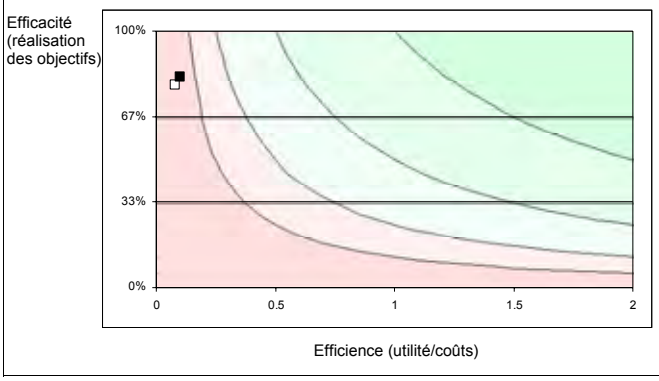
☐ SRU 301 ☐ recommandé ☑ à étudier de façon plu approfondie ☐ non recommandé

☐ nouv. modèle ☐ très bon ☐ bon ☐ suffisant ☐ insuffisant ☑ mauvais

■ SRU 301 ☐ recommandé ☑ à étudier de façon plu 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

11 Recouvrement partiel, autoroute A2, canton d'Argovie B / IV

Tronçon étudié:

- Autoroute A2, km 52.04–52.65

Commune:

- Zofingen

Mesures antibruit

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

Périmètre d'investigation:

Coûts:

Variantes 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)

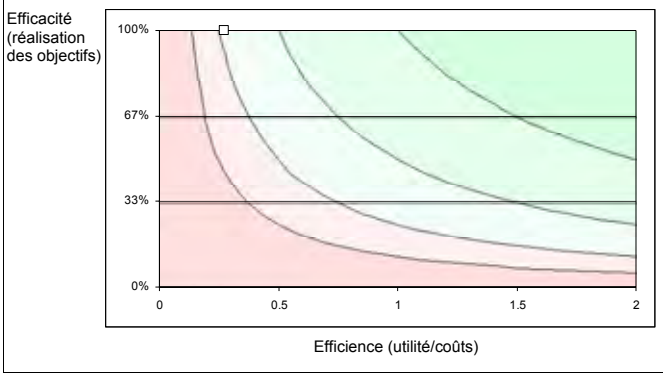
Variante	Coeff. d'occupation du sol	Coûts annuels	Utilité annuelle	Efficience	Efficacité (%)	Index WTI
☐ Recouvrement	actuel	1'548'000	412'707	0.27	100	1.1

Appréciation:

☐ SRU 301 ☐ recommandé ☑ à étudier de façon plus approfondie ☐ non recommandé

☐ nouv. modèle ☐ très bon ☐ bon ☑ suffisant ☐ insuffisant ☐ mauvais

Nouveau diagramme d'appréciation



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

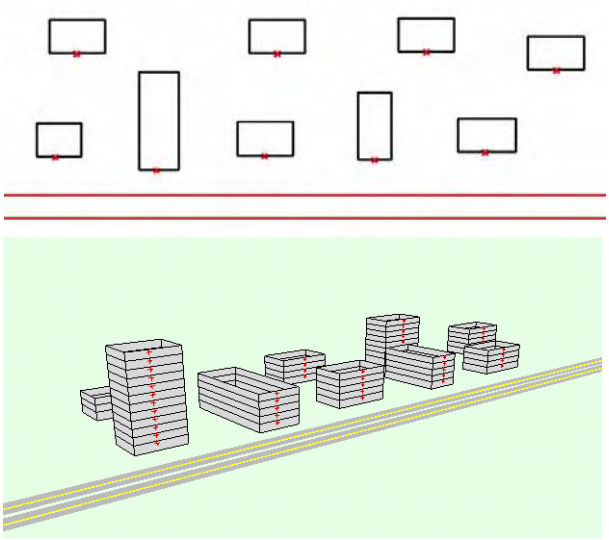
Milieu bâti à caractère urbain

Structure:

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

Dépassements VLI DS III:

- jusqu'à 8 dBA



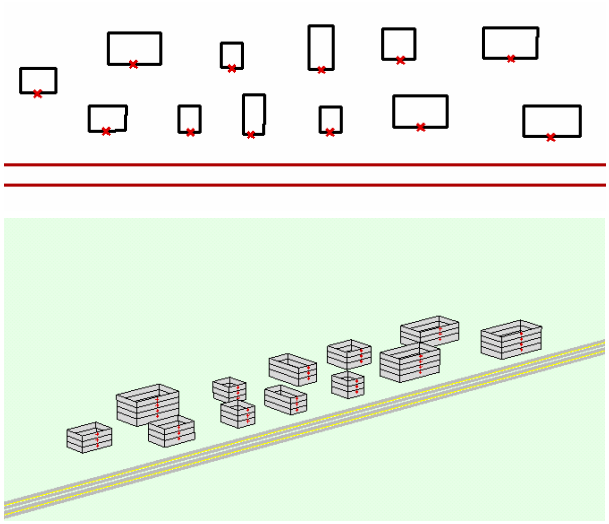
Milieu bâti à caractère semi-urbain:

Structure:

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

Dépassements VLI DS III:

- jusqu'à 8 dBA



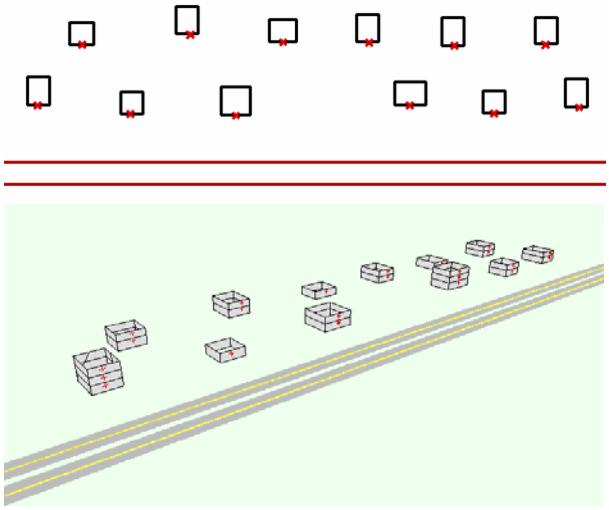
Milieu bâti à caractère rural:

Structure:

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

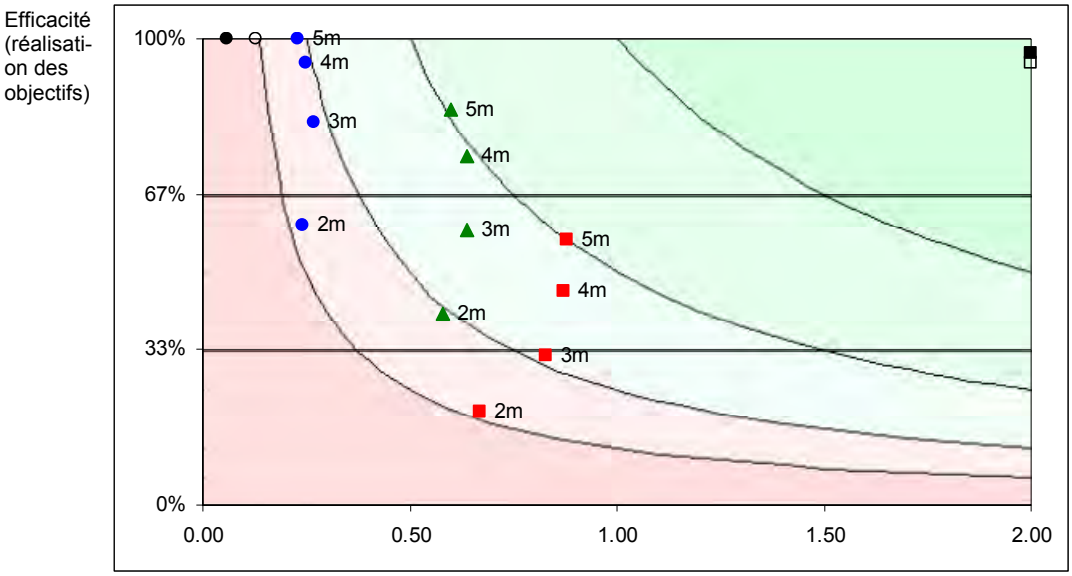
Dépassements VLI DS III:

- jusqu'à 8 dBA



13 Modélisations Parois antibruit A,B,C / I

Diagramme efficience/efficacité:



Légende:

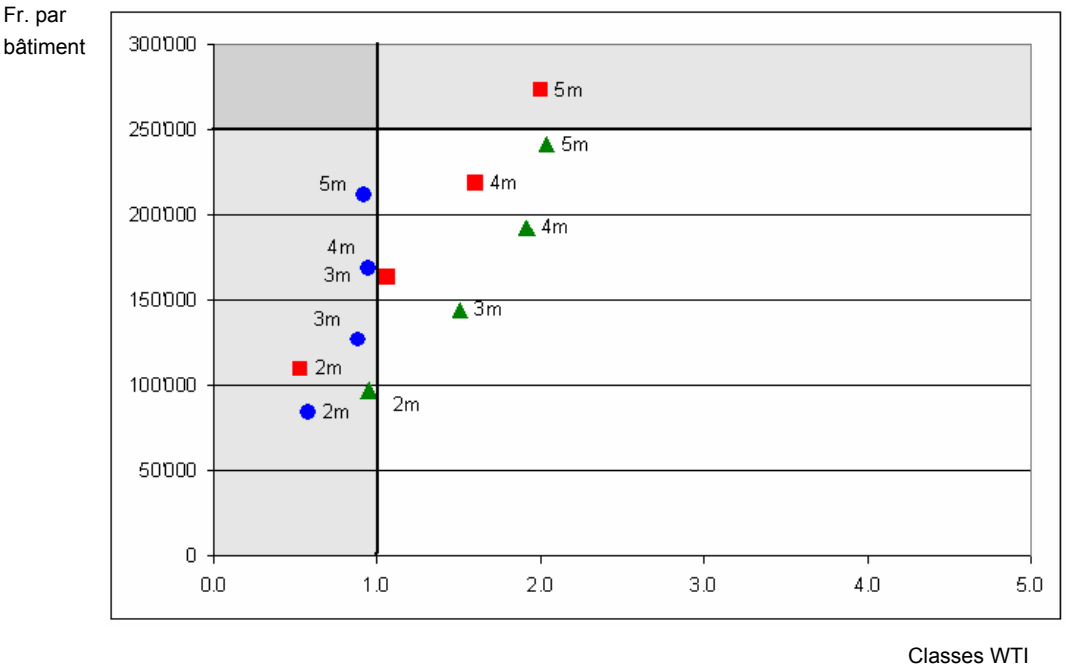
Modélisations:

- ■ urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m
- ▲ semi-urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m
- ● rural, hauteurs des parois de 2.0 à 5.0m

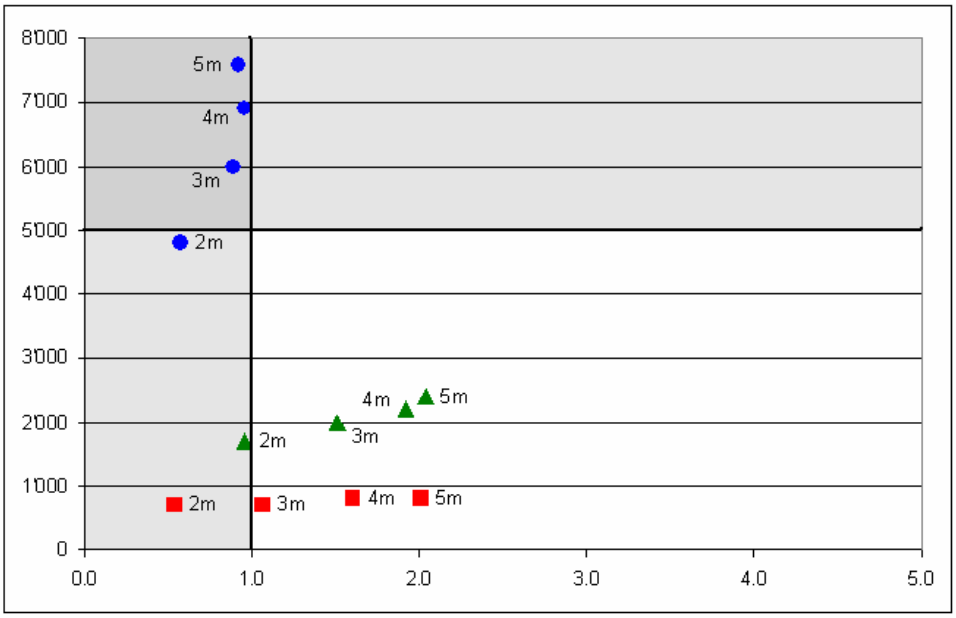
Projets étudiés:

- ■ 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:

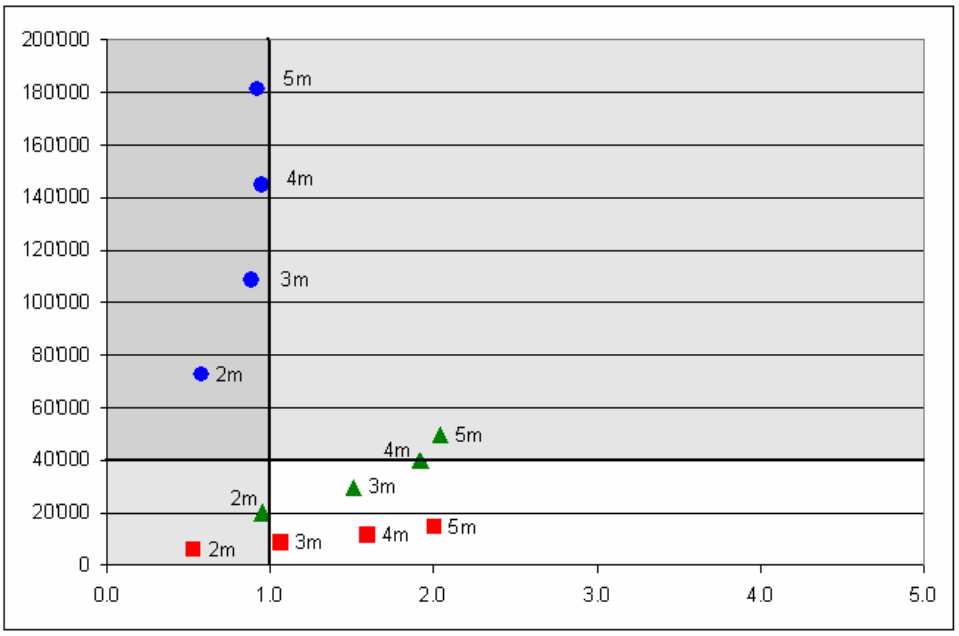


Fr. par dBA et par habitant



Classes WTI

Fr. par logement

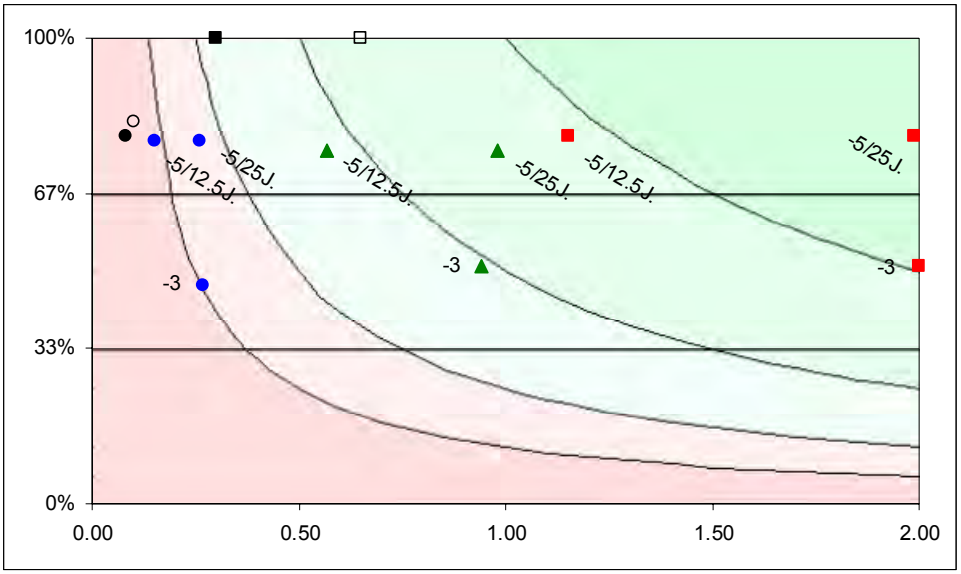


Classes WTI

14 Modélisations Revêtements routiers A,B,C / II

Diagramme efficience/efficacité:

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

Légende:

Modélisations:

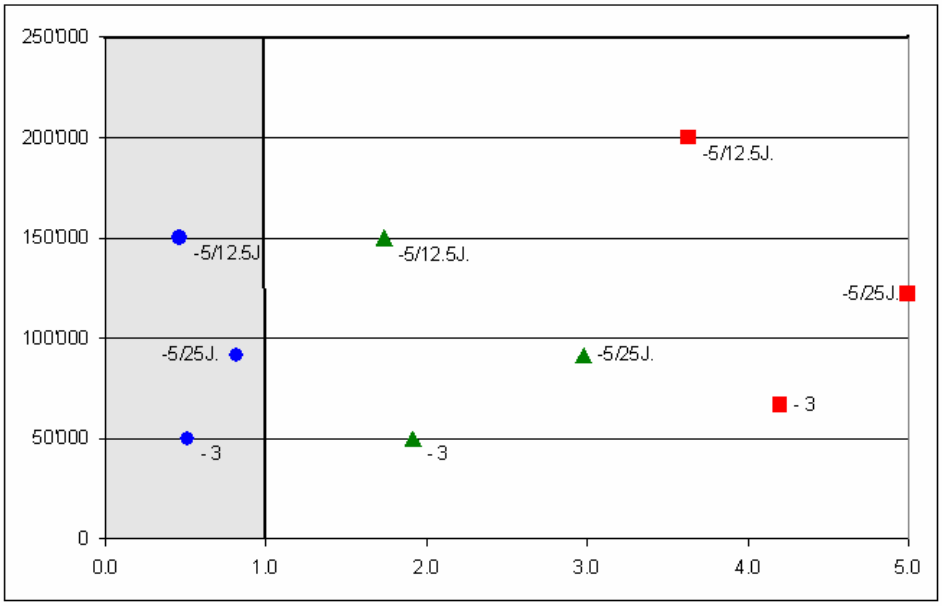
- ■ urbain, revêtements avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité 12.5 et 25 ans)
- ▲ semi-urbain, revêt. avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité 12.5 et 25 ans)
- ● rural, revêtements avec affaiblissement -3 dBA (longévité 25 ans) et -5 dBA (longévité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

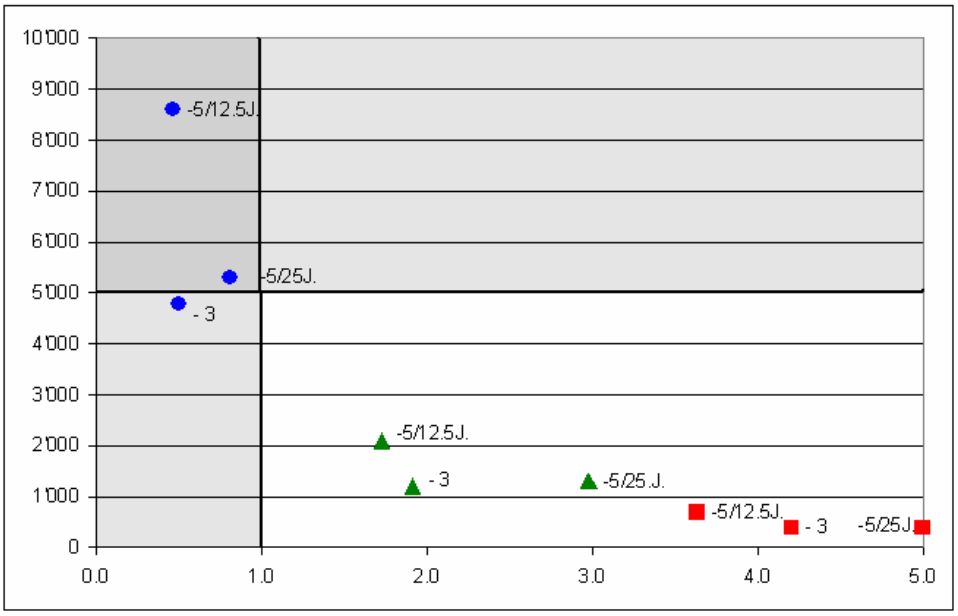
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



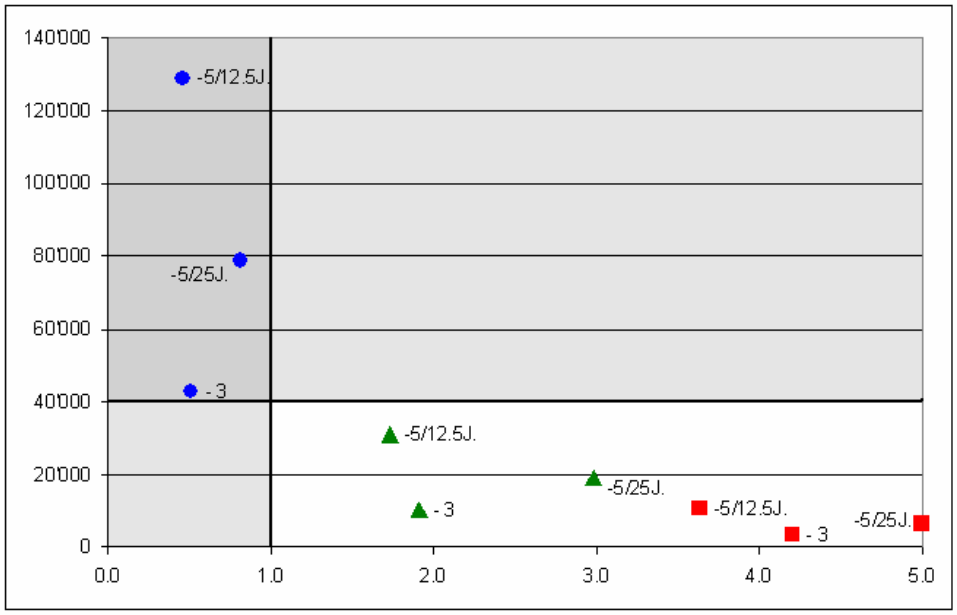
Classes WTI

Fr. par dBA et par habitant



Classes WTI

Fr. par logement

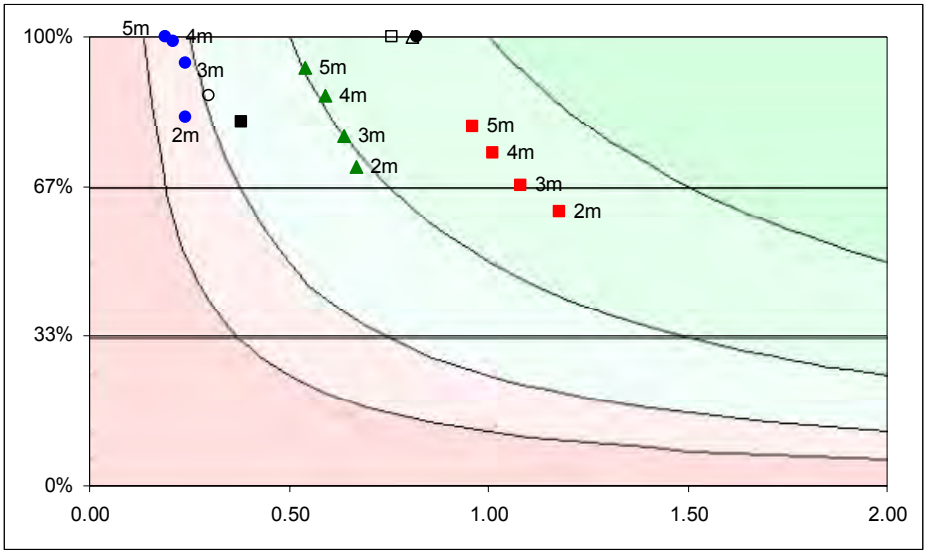


Classes WTI

15 Modélisations Parois antibruit et revêtement (-3 dBA, durée de service 25 ans) A,B,C / III

Diagramme efficience/efficacité:

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

Légende:

Modélisations:

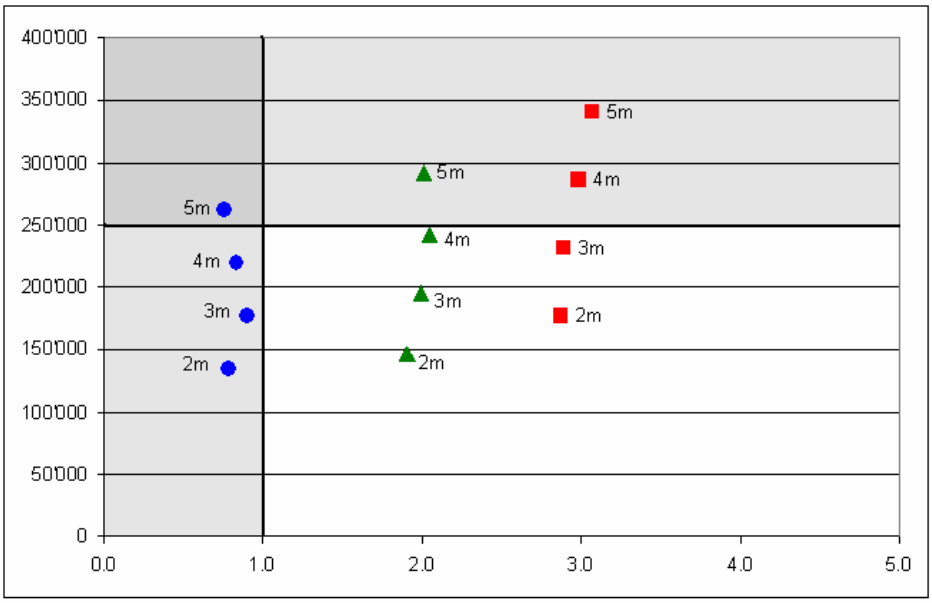
- ■ urbain, hauteur des parois entre 2.0 et 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ semi-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 dBA (longévité 25 ans)
- ● rural, hauteur des parois entre 2.0 et 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -3 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 inclue; coefficient d'occupation du sol actuel)
- △ Othmarsingen (coefficient d'occupation du sol futur)

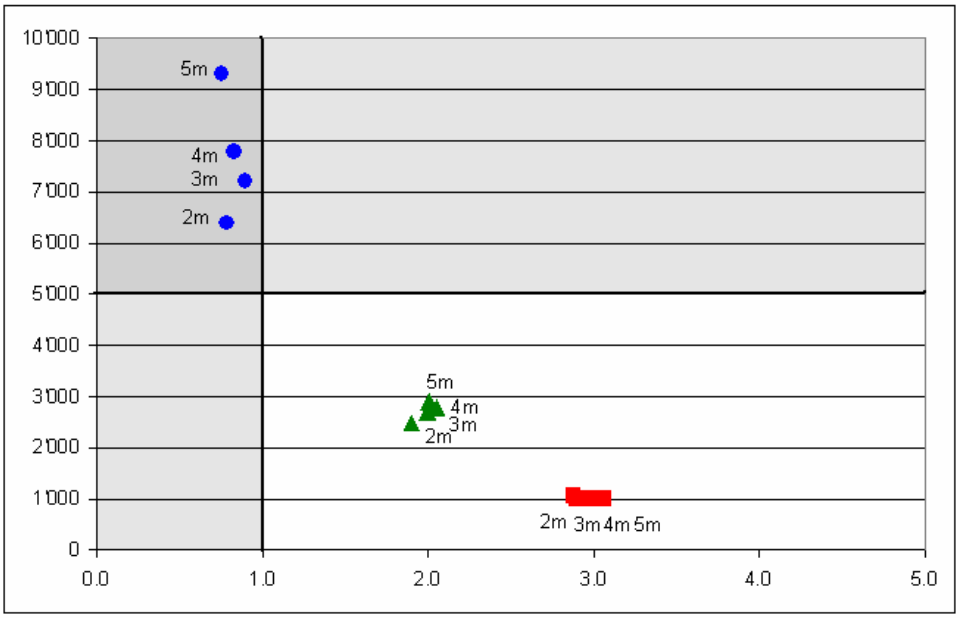
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



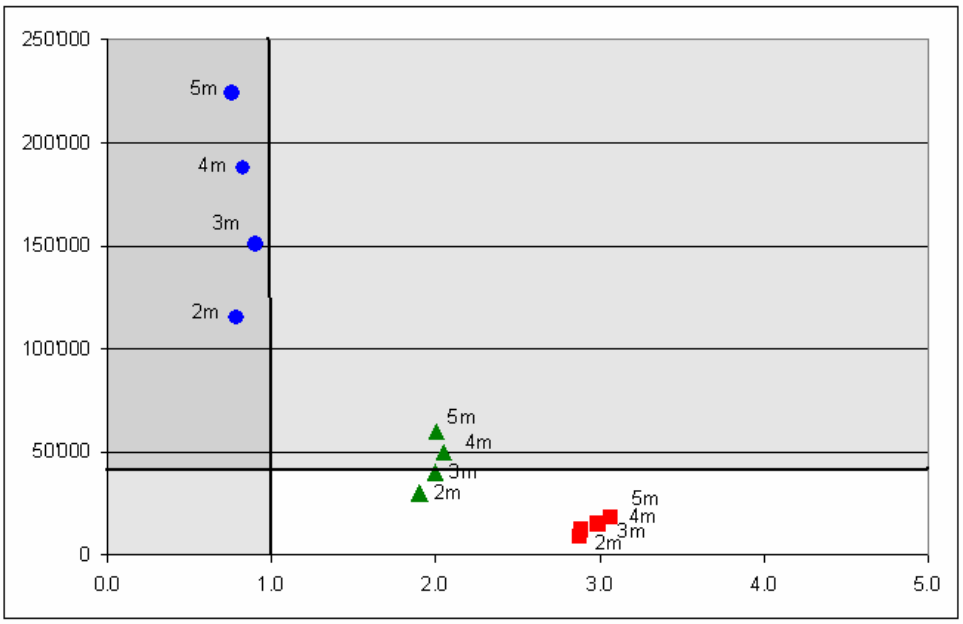
Classes WTI

Fr. par dBA et par habitant



Classes-WTI

Fr. par logement

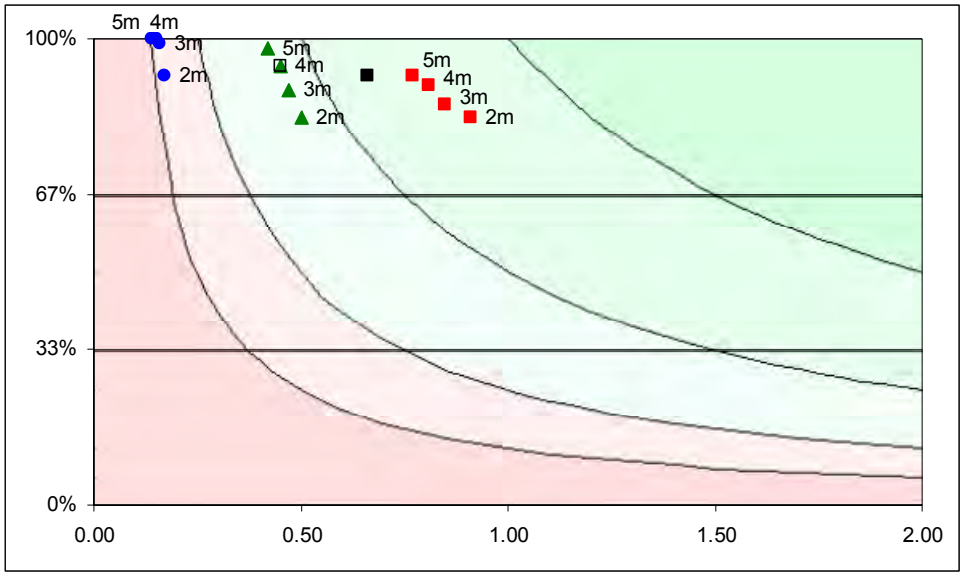


Classes-WTI

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

Diagramme efficience/efficacité:

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

Légende:

Modélisations:

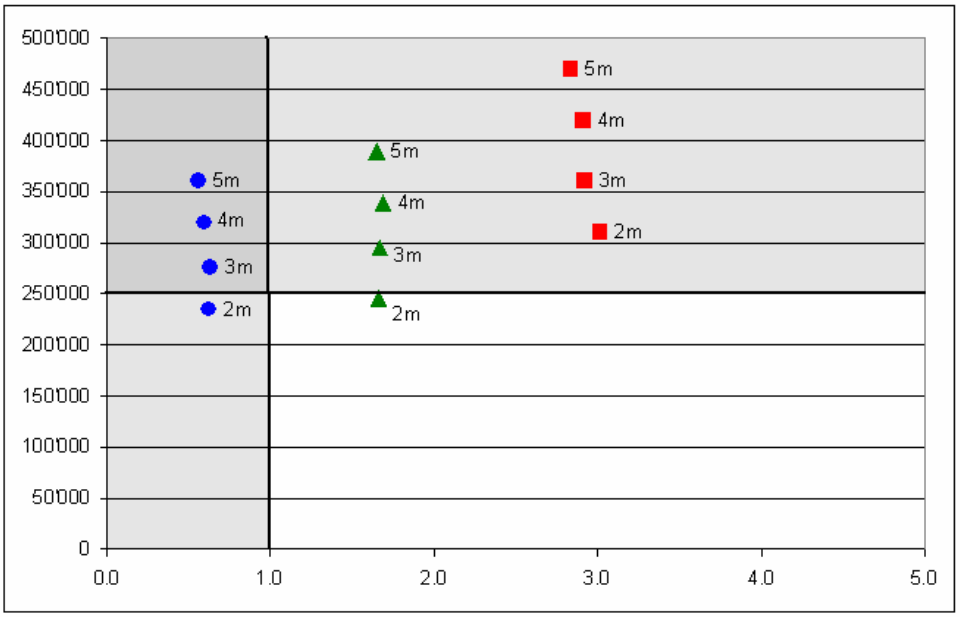
- ■ urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement -5 dBA (longévité 12.5 ans)
- ▲ semi-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement -5 dBA (longévité 12.5 ans)
- ● rural, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement -5 dBA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

Projets étudiés:

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

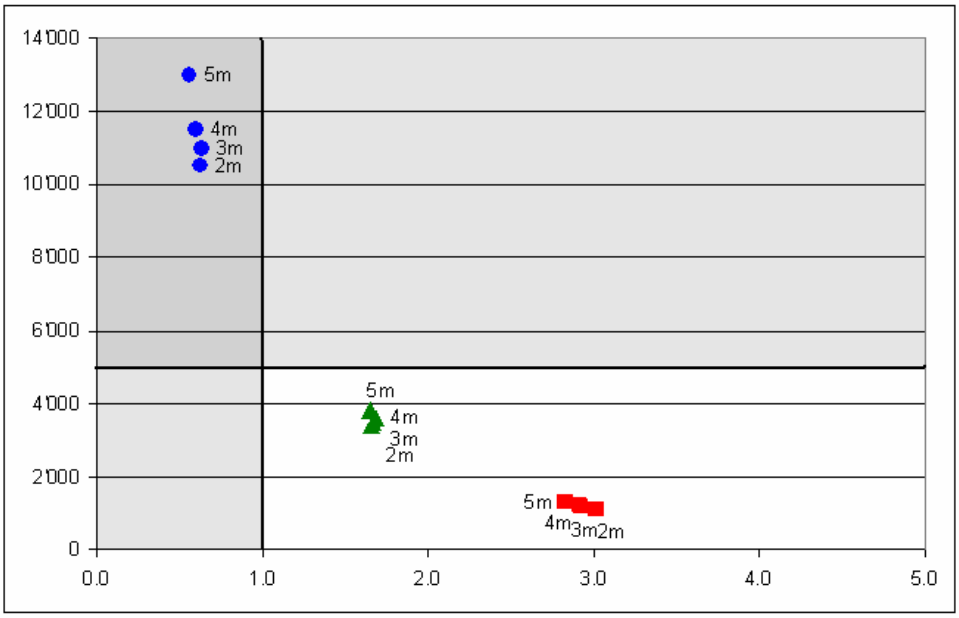
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



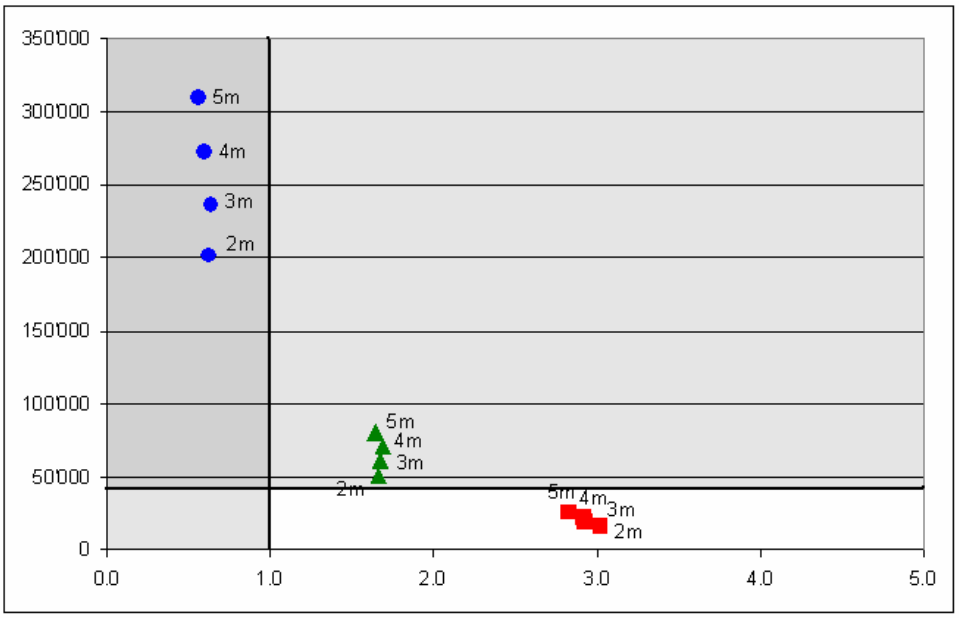
Classes – WTI

Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

Fr. par bâtiment

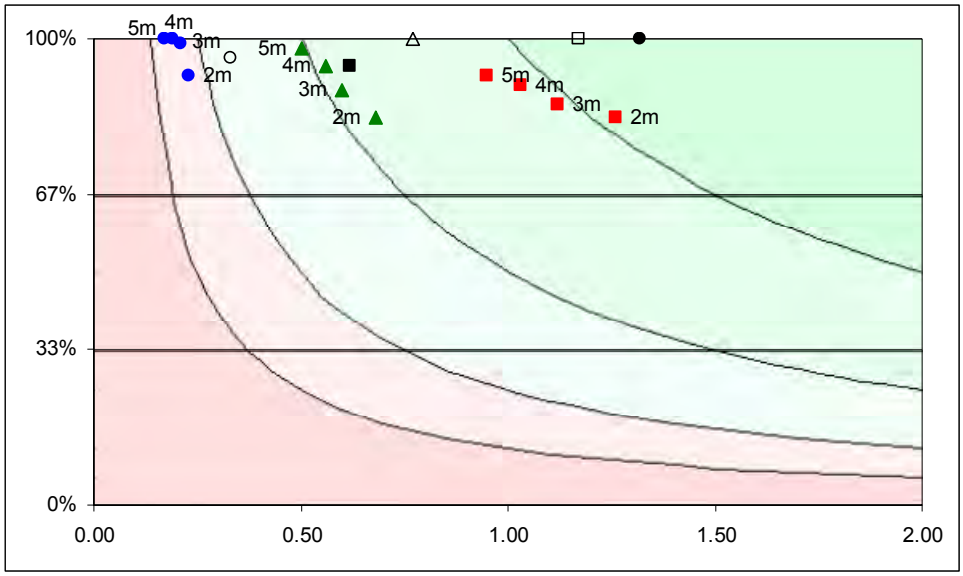


Classes – WTI

17 Modélisations Parois antibruit et revêtement (-5 dBA, durée de service 25 ans) A,B,C / III

Diagramme efficience/efficacité:

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

Légende:

Modélisations:

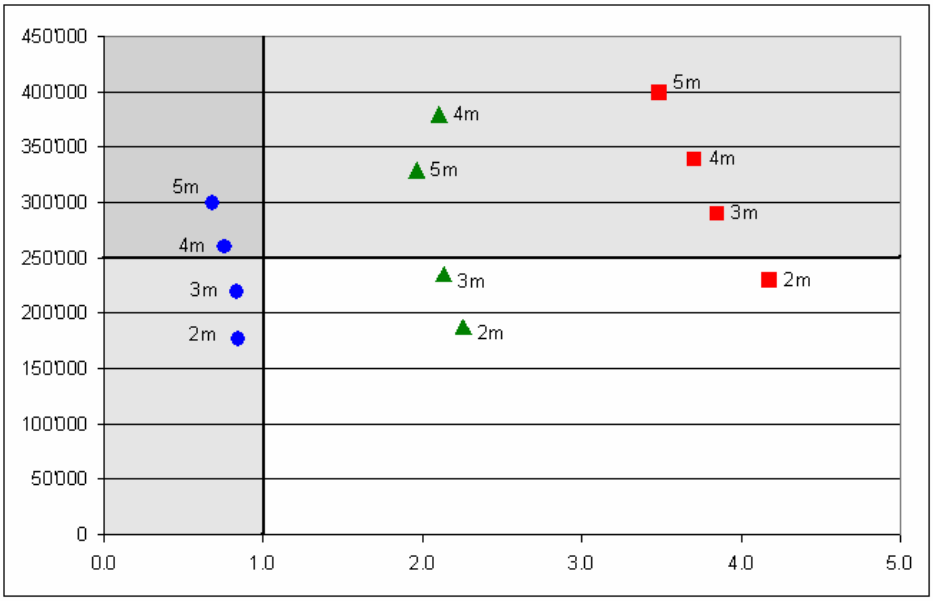
- ■ urbain, hauteur des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 25 ans)
- ▲ semi-urbain, haut. des parois de 2.0 à 5.0m et revêt. avec affaiblissement de -5 dBA (longévité 25 ans)
- ● rural, hauteurs de paroi de 2.0 à 5.0m et revêtement avec affaiblissement de -5 dBA (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 inclue; coefficient d'occupation du sol actuel)
- △ Othmarsingen (coefficient d'occupation du sol futur)

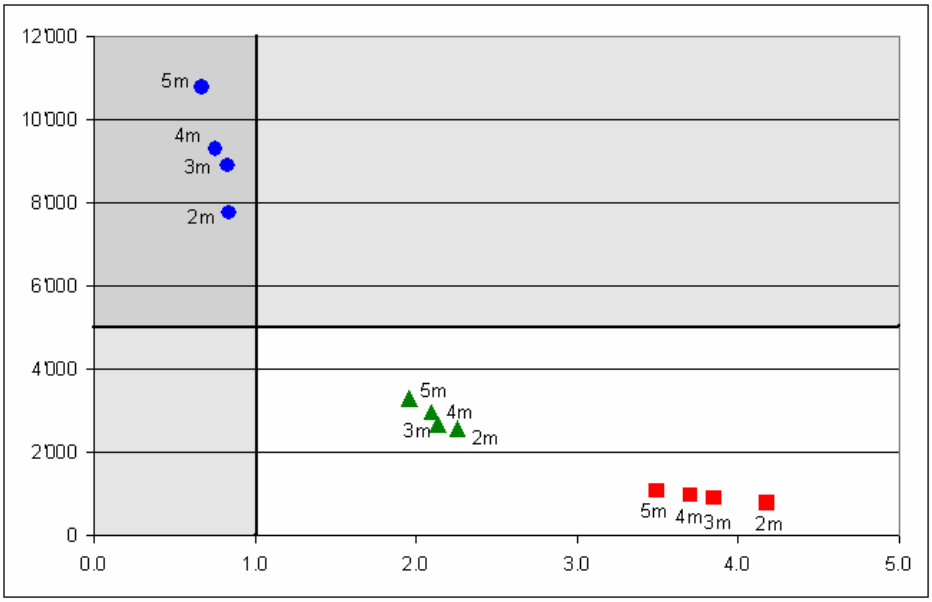
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



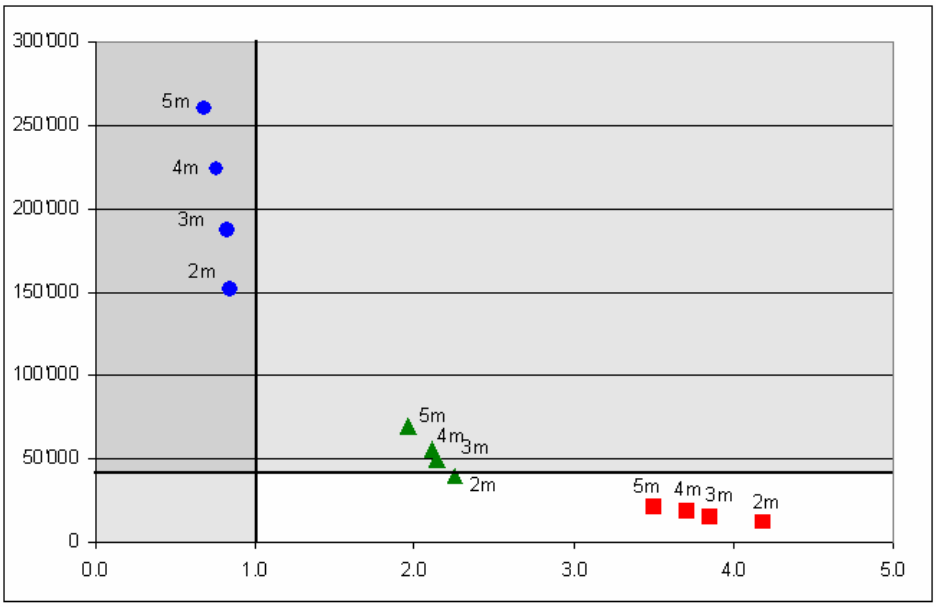
Classes – WTI

Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

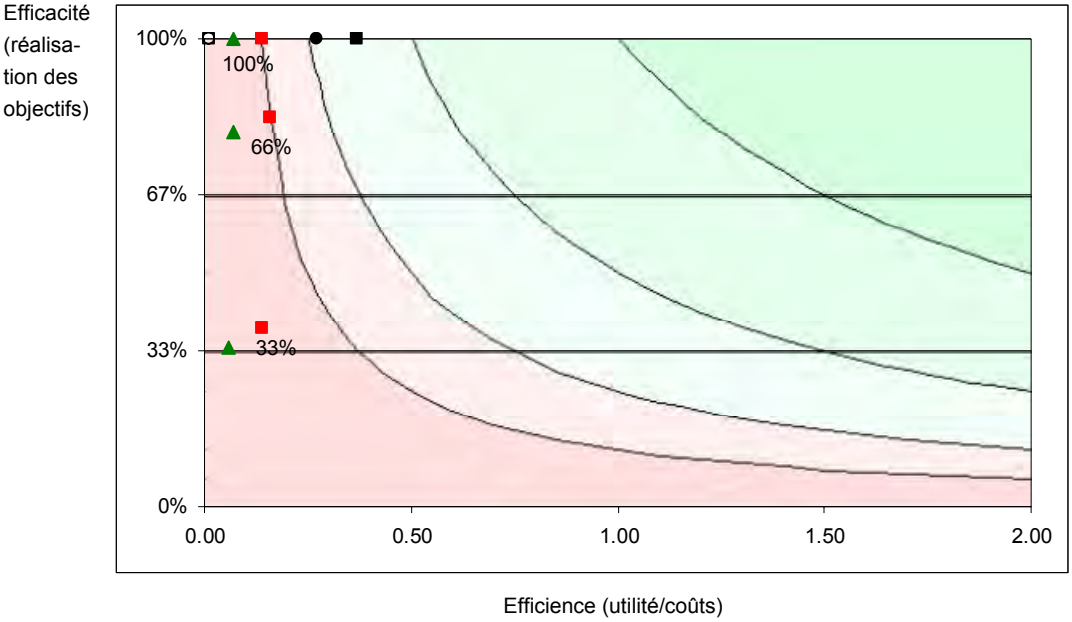
Fr. par logement



Classes – WTI

18 Modélisations Recouvrements de routes A,B / IV

Diagramme efficience/efficacité:



Légende:

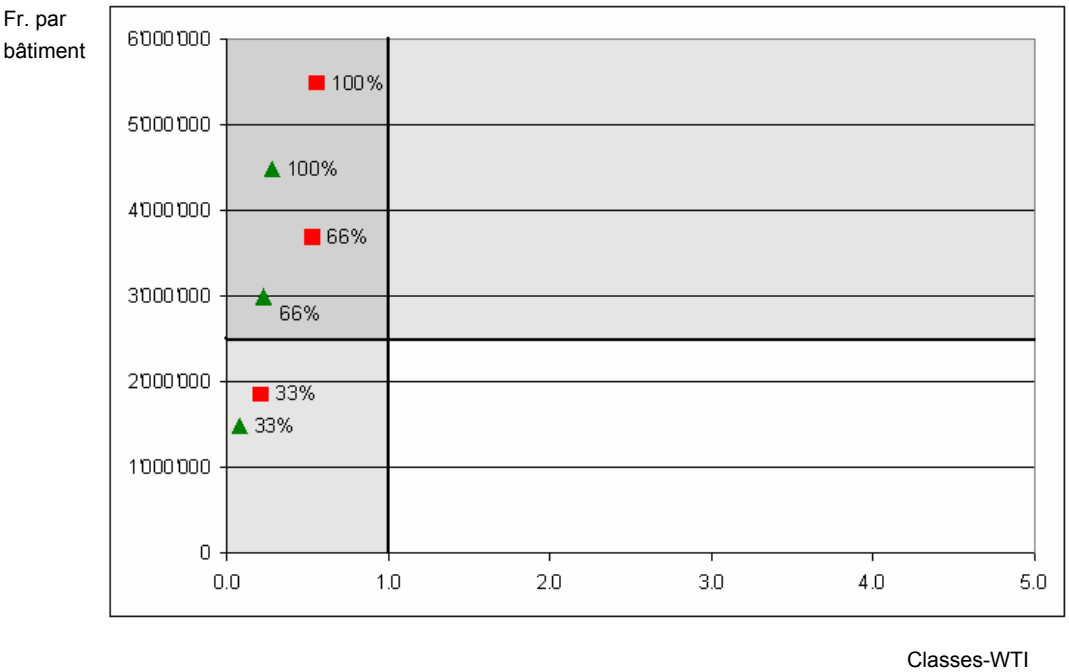
Modélisations:

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

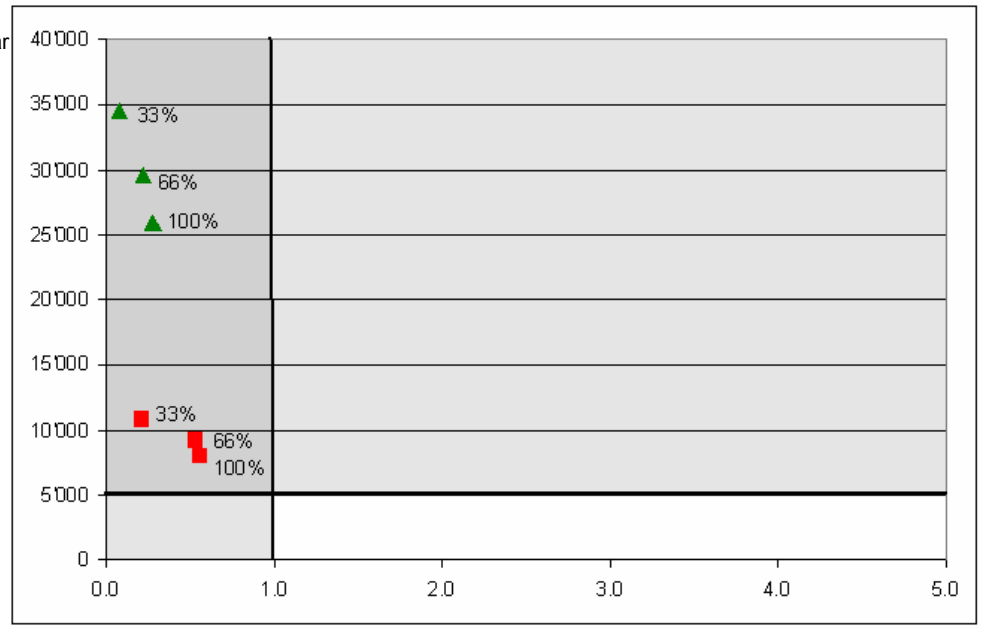
Projets étudiés:

- ■ Chamblioux
- □ Frick
- ● Zofingen
- ○ Erstfeld

Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

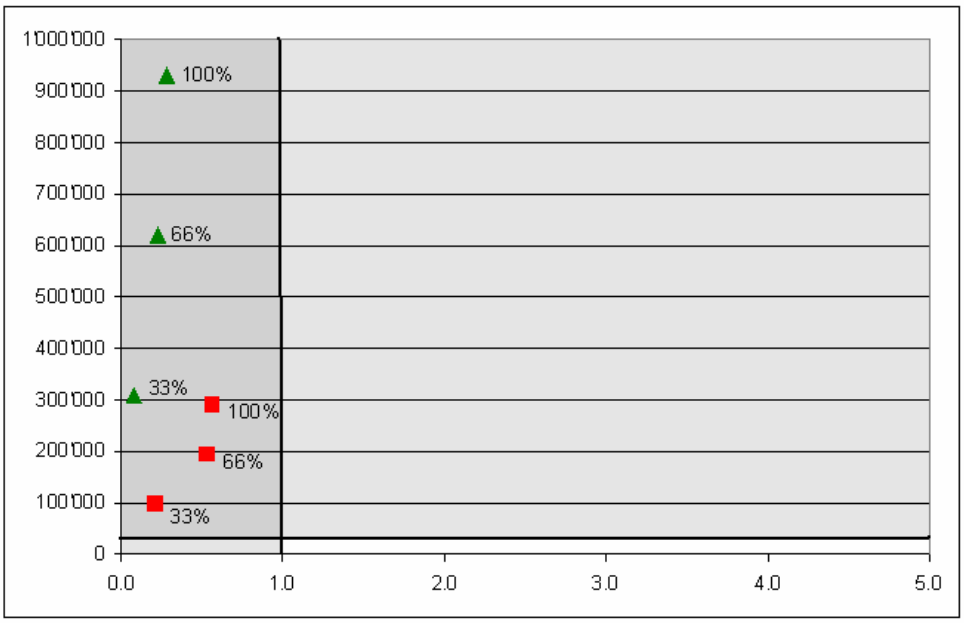


Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

Fr. par logement

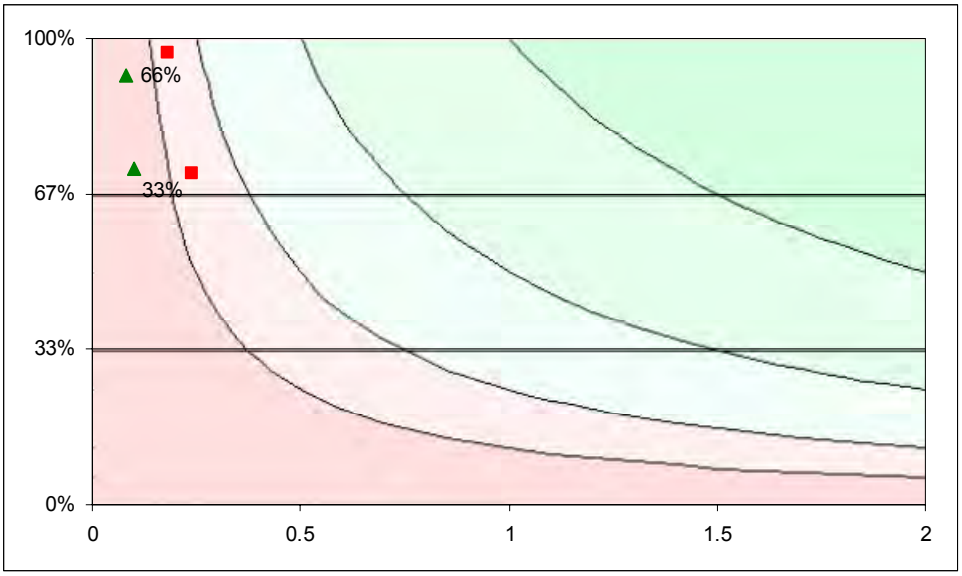


Classes – WTI

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

Diagramme efficience/efficacité:

Efficacité (réalisation des objectifs)



Efficience (utilité/coûts)

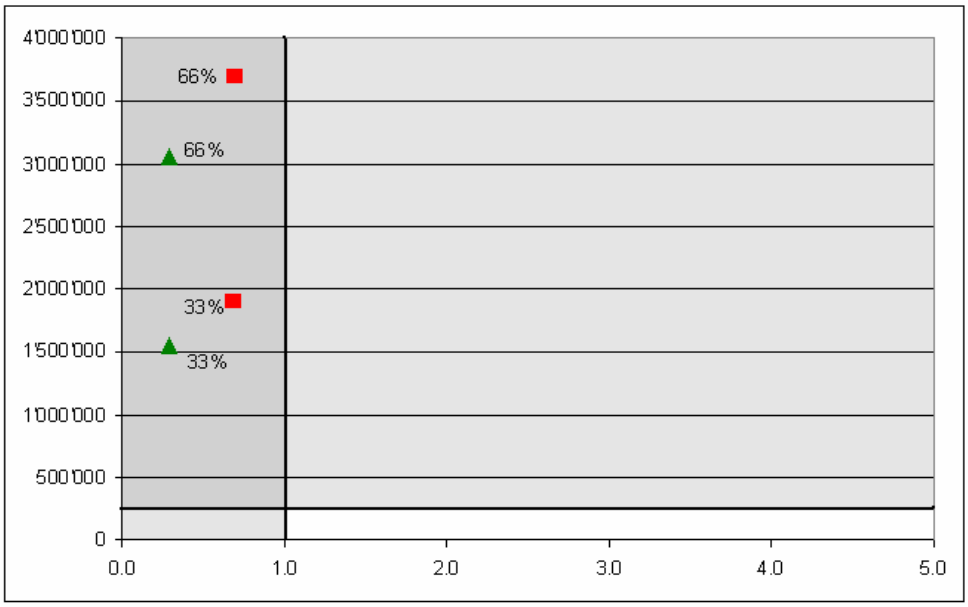
Légende:

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

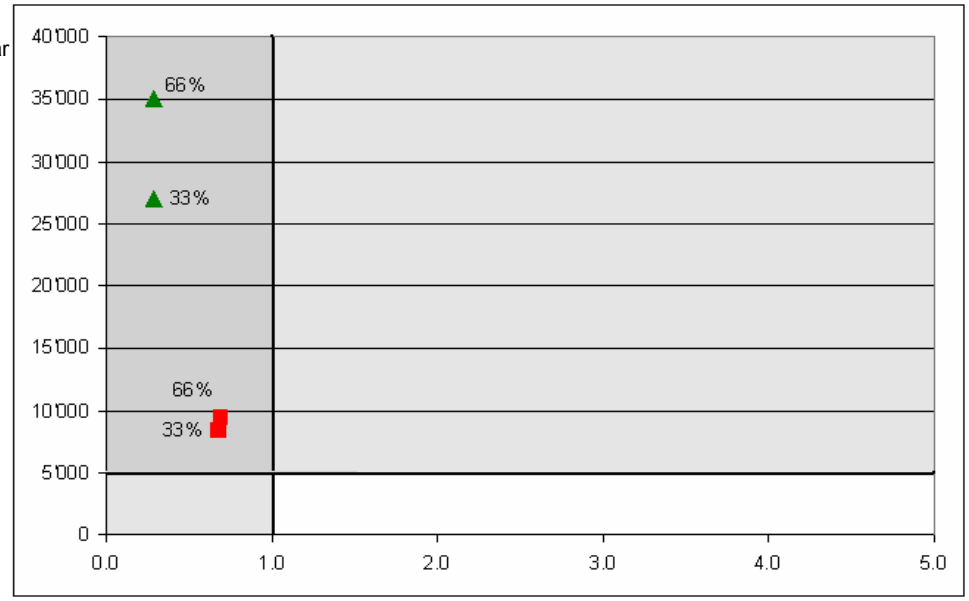
Comparaison évaluation WTI – Checkliste OFEV/OFROU:

Fr. par bâtiment



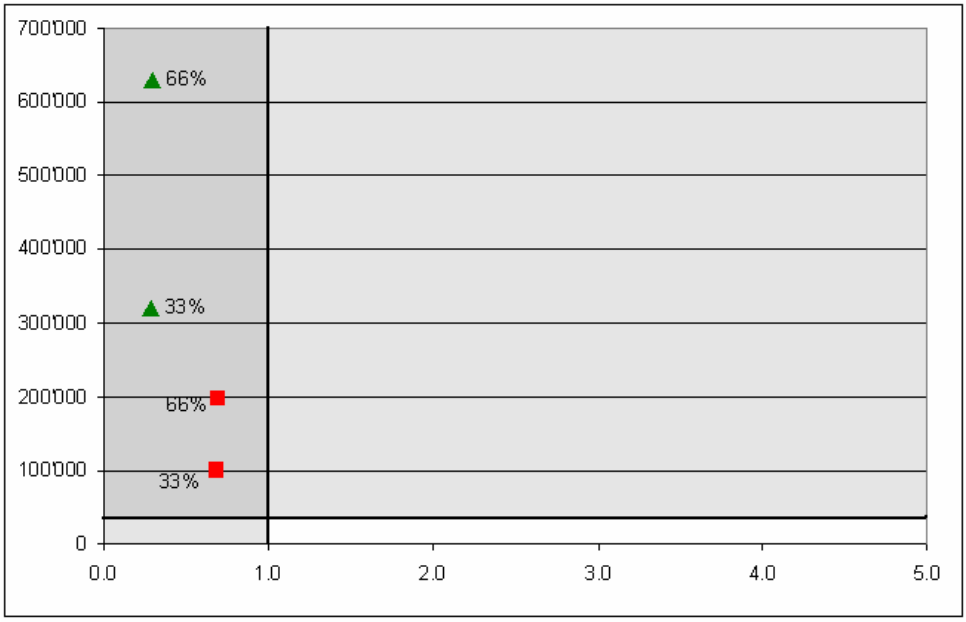
Classes-WTI

Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

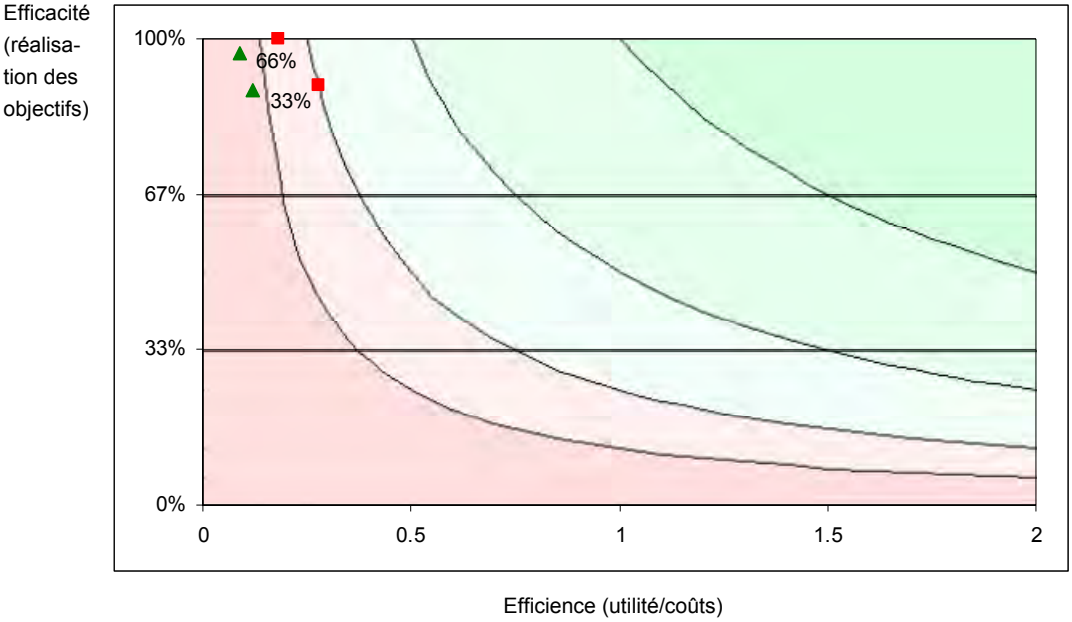
Fr. par logement



Classes – WTI

20 Modélisations Recouvrements et revêtement (-5 dBA durée de service 12.5 ans) A,B / V

Diagramme efficience/efficacité:

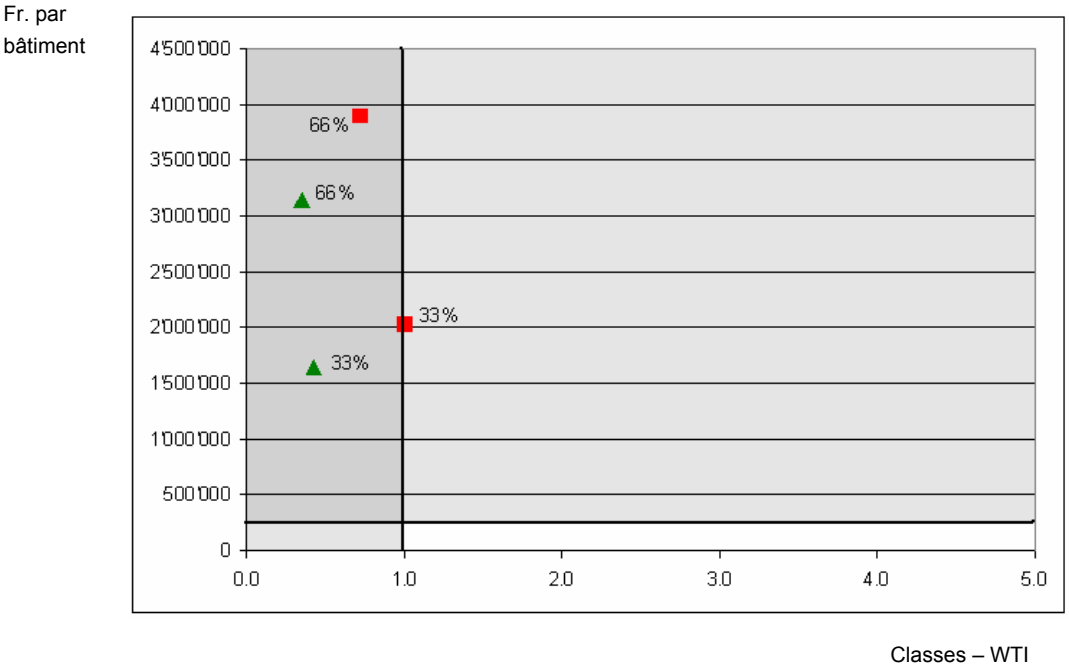


Légende:

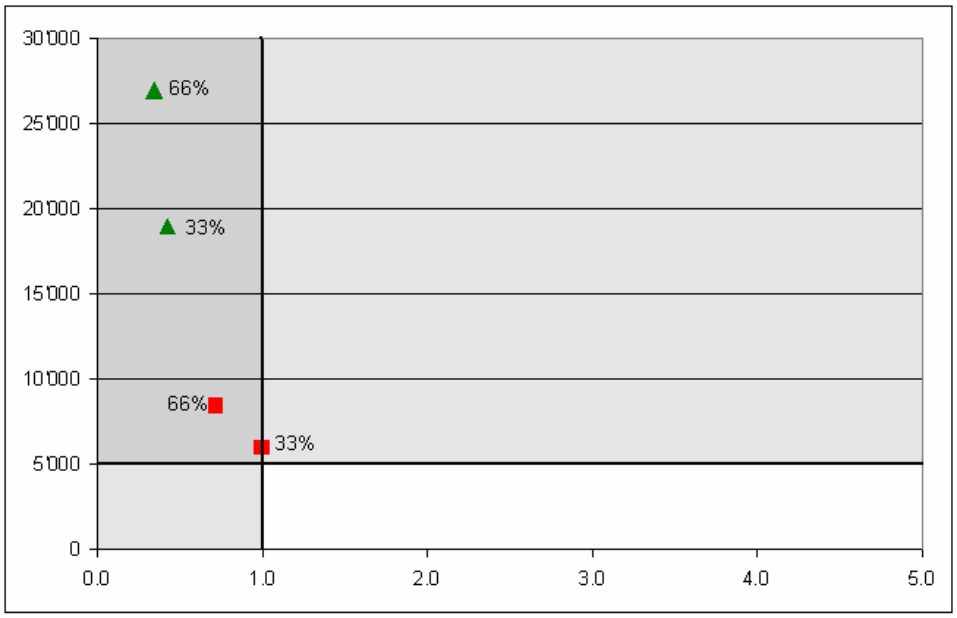
Modélisations:

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

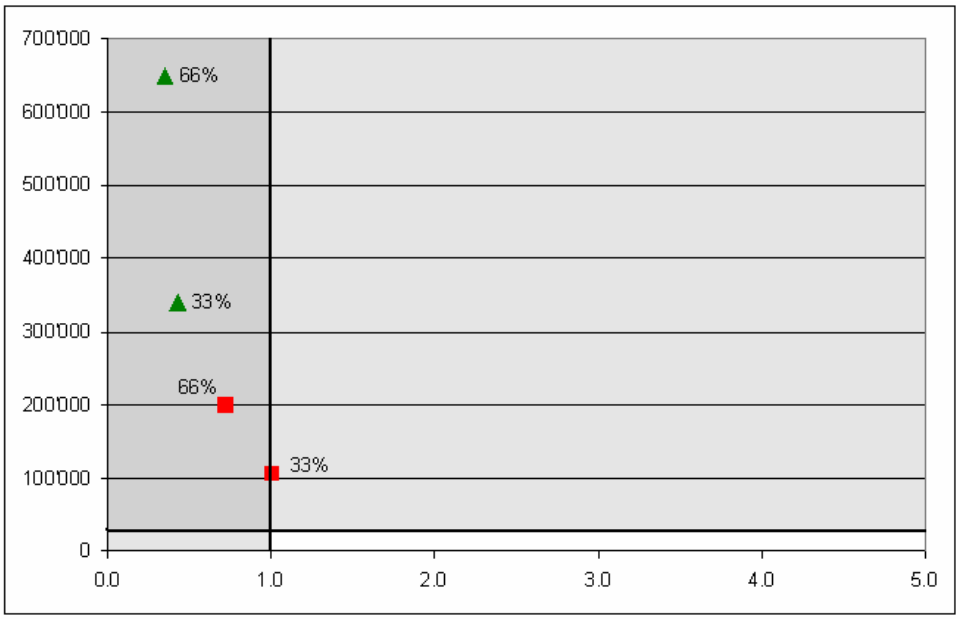


Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

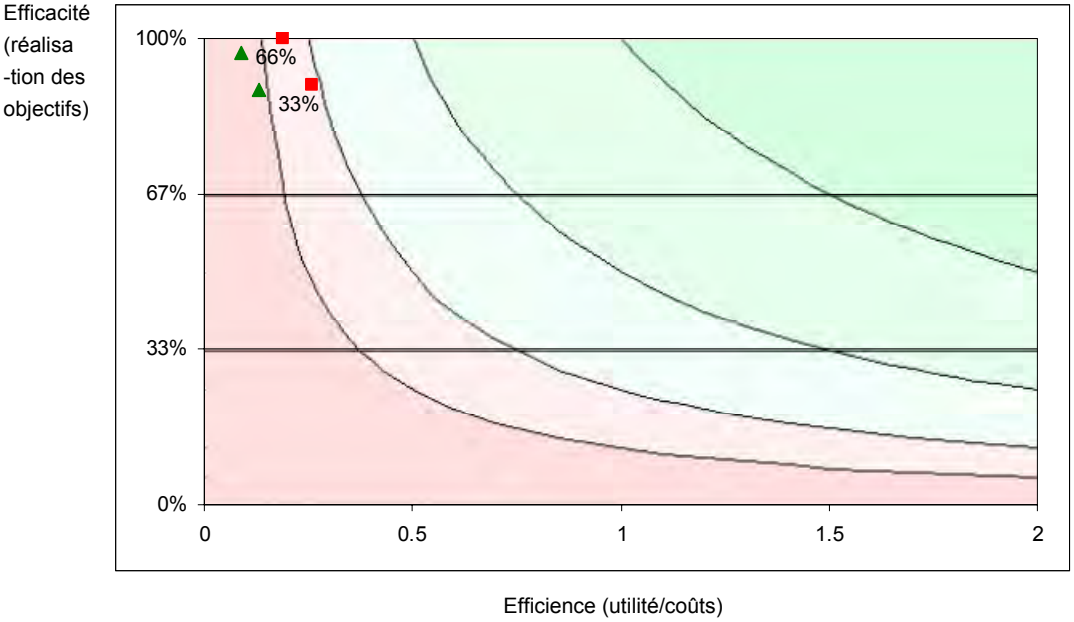
Fr. par logement



Classes – WTI

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

Diagramme efficience-efficacité:

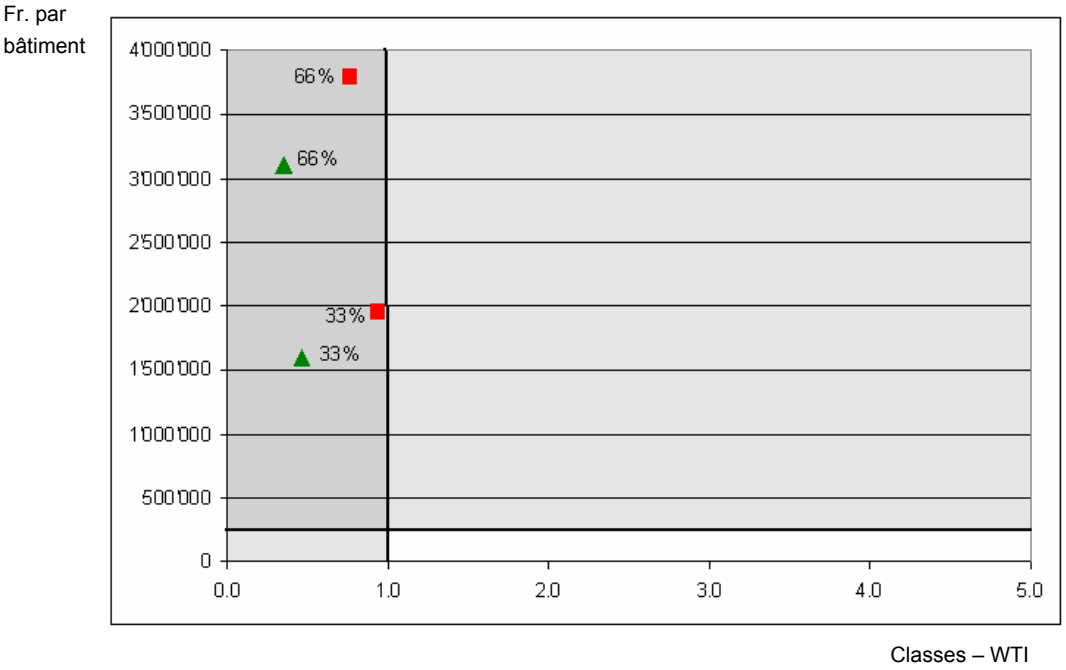


Légende:

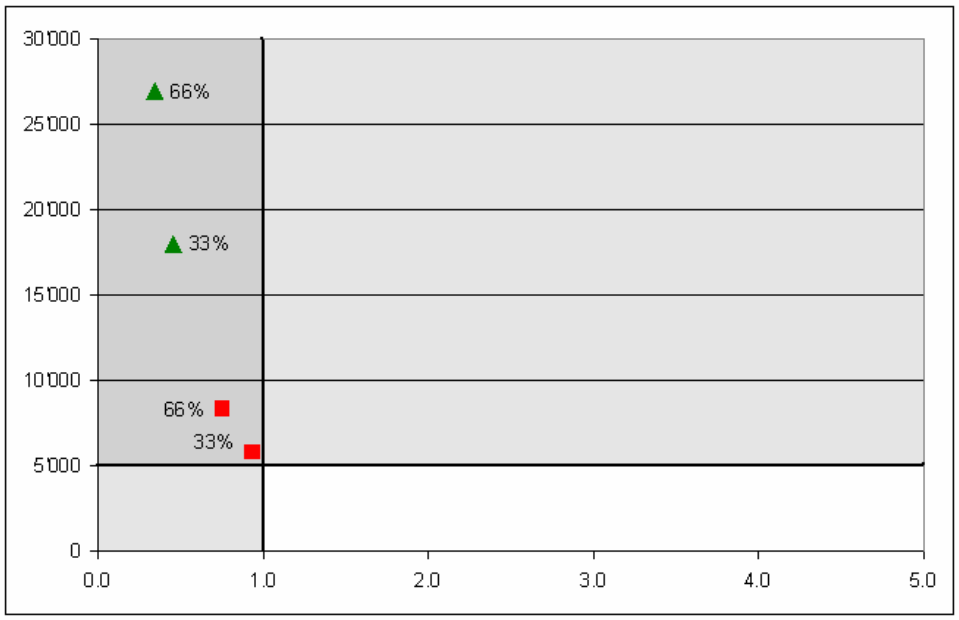
Modélisations:

- ■ 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:

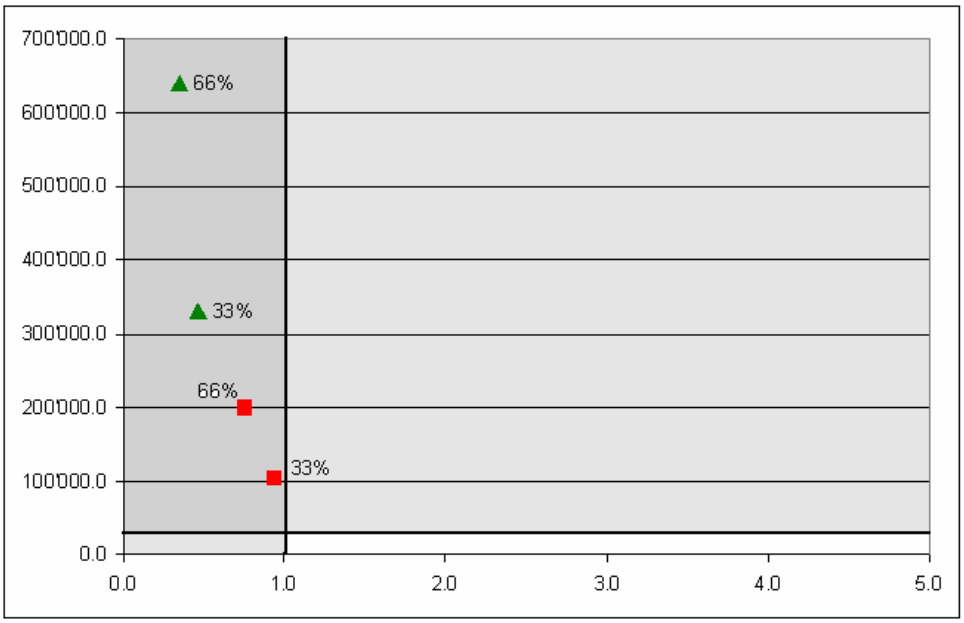


Fr. par dBA et par habitant



Classes – WTI

Fr. par logement



Classes – WTI