

Exemple de méthodes végétalisées pour l'atténuation du bruit des transports terrestres

Extraits des travaux du projet européen **HOSANNA**



« Atténuation du bruit environnemental au moyen de matériaux naturels, artificiels et recyclés »

Bruno VINCENT, Vincent GISSINGER, acoucity

Jérôme DEFRANCE, CSTB

Remerciements à Jens FORSSÉN, Chalmers University, Sweden



Association 1901 spécialisée en acoustique de l'environnement
 Fondée en 1996 par le Grand Lyon et plusieurs centres de recherches
 Missions : mise en œuvre des observatoires, recherche, information



Agence de l'Environnement
 et de la Maîtrise de l'Énergie



PRÉVENIR LE BRUIT EN MILIEU URBAIN
 ÉLÉMENT D'UNE QUALITÉ DE VIE DURABLE



dB(A)



MESURE



ENQUETES

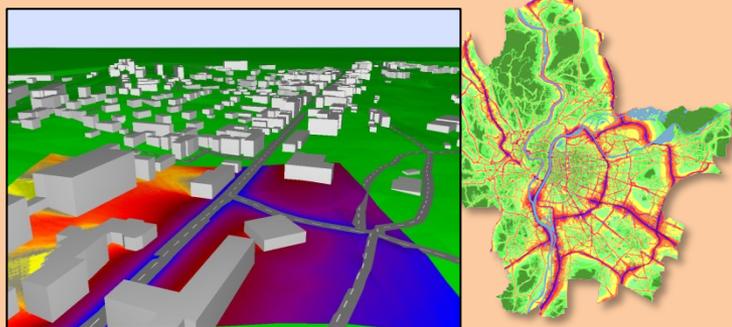
OBSERVATOIRE



CONCERTATION

SENSIBILISATION

MODELISATION



PRISE DE SON



1	CHALMERS TEKNISKA HOEGSKOLA AB	SUEDE (Pilote projet)	du	Jens Forssén Wolfgang Kropp Maarten Hornikx Bart van der Aa
2	STOCKHOLMS UNIVERSITET	SUEDE		Mats Nilsson Maria Rådsten Ekman Jesper Alvarsson
3	CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT	FRANCE		Jérôme Defrance Dirk Van Maercke Philippe Jean Faouzi Koussa
4	THE OPEN UNIVERSITY	ROYAUME UNI		Keith Attenborough Shahram Taherzadeh
5	UNIVERSITY OF BRADFORD	ROYAUME UNI		Hadj Benkreira Kirill Horoshenkov Amir Khan
6	THE UNIVERSITY OF SHEFFIELD	ROYAUME UNI		Jian Kang Ho Syang
7	INTERDISCIPLINARY INSTITUTE FOR BROADBAND TECHNOLOGY	BELGIQUE		Dick Botteldooren Timothy Van Renterghem
8	TRANSPORTOKONOMISK INSTITUTT	NORVEGE		Ronny Klæboe Knut Veisten
9	Müller-BBM GmbH	ALLEMAGNE		Manuel Maennel Thomas Beckenbauer
10	CANEVAFLOR SAS	FRANCE		Agnès Mandon René Rohr
11	ACOUCITE	FRANCE		Bruno Vincent
12	City of Stockholm, Environment and Health Administration	SUEDE		Jörgen Bengtsson Magnus Lindqvist
13	HANYANG UNIVERSITY	COREE SUD	DU	Jin Yong Jeon Hyungsuk Jang

Partenaires Hosanna



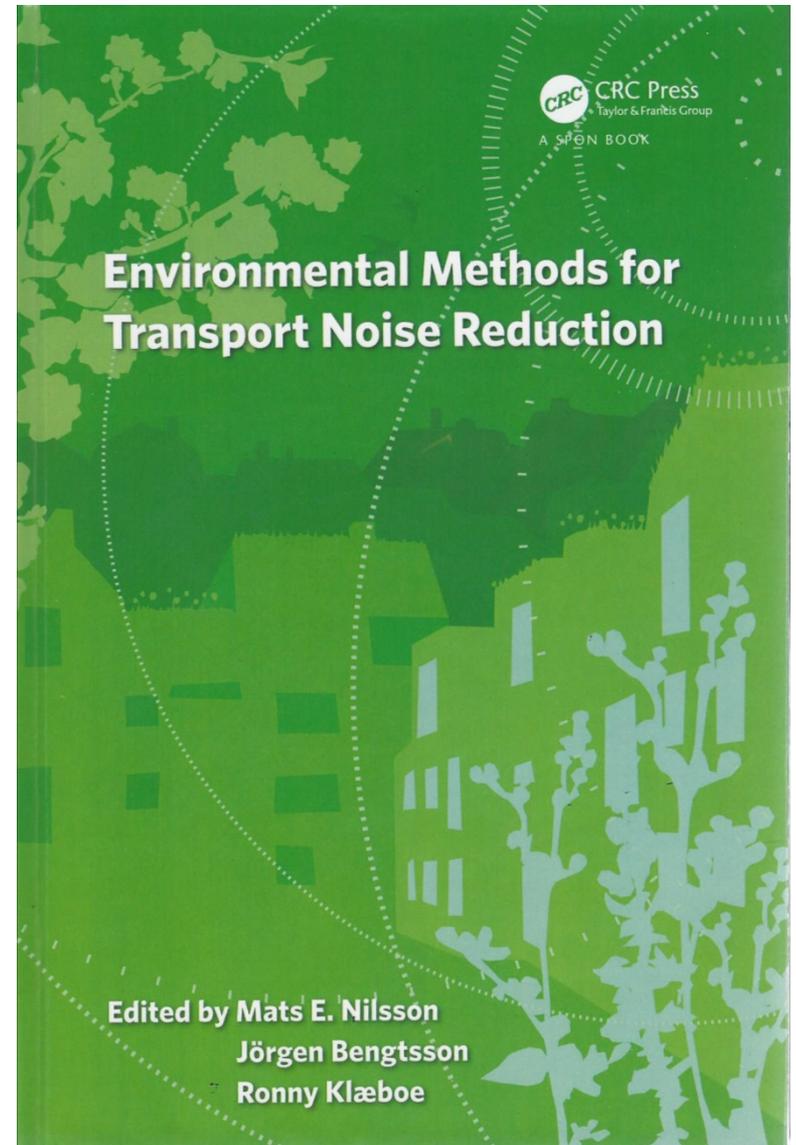
Genèse du projet

- **Objectif** : trouver des solutions globales pour réduire les niveaux de bruit par des solutions naturelles et artificielles combinées et durables
- **Financement** : 3,9 M€ (sur 3 ans), dont 50% à 80 % subventionnés par le 7^{ème} Programme-Cadre de Recherche et Développement
- **Recherche du site**
 - cohérence par rapport aux exigences expérimentales
 - Soutien du Grand Lyon, visite avec des élus
 - sécurité du site pour les véhicules et piétons
- **Principaux partenaires en France**
 - CSTB : conception de l'écran
 - Canevaflor : réalisation et installation de l'écran
 - Université de Stockholm : conception du questionnaire
 - acoucité : gestion de projet, conception du questionnaire, traduction, recherche du site, enquête de terrain, mesures et prises de son

PRÉVENIR LE BRUIT EN MILIEU URBAIN
ÉLÉMENT D'UNE QUALITÉ DE VIE DURABLE

NOVEL SOLUTIONS
FOR QUIETER AND
GREENER CITIES

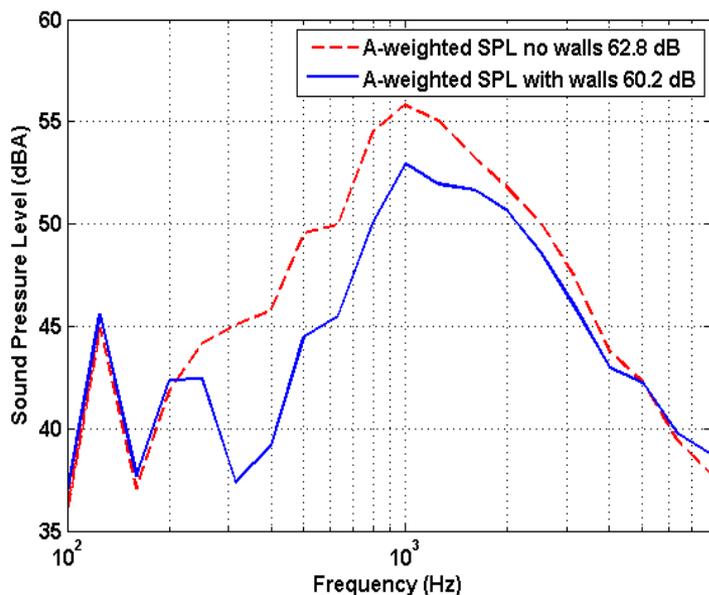
[TELECHARGEMENT GRATUIT](#)



<http://www.crcpress.com/product/isbn/9780415675239>

Traitements du sol : Mesures de bruit au passage d'un véhicule : utilisation d'une structure de briques

Keith Attenborough (OPU) Imran Bashir (OPU) Toby Hill (OPU) Shahram Taherzadeh (OPU) Philippe Jean (CSTB Grenoble)



Gain : 2.6 dB

Récepteur à 1,5m de haut et à 10m de distance

L'utilisation de l'effet de sol

- ❑ Une structure de murs parallèles rapprochés, de hauteur inférieure à 0.3m sur un sol acoustiquement dur, peut améliorer l'atténuation du bruit comparativement à un mur unique près de la source ou un mur de taille et d'épaisseur égale à la structure, en raison des effets de diffraction.
- ❑ A 1.5m de haut et 50m de distance, un sol engazonné peut entraîner une perte par insertion (IL) entre 6 et 9 dBA en fonction du type d'herbe et de la densité. Ajouter des cultures de 1 m de haut peut entraîner une efficacité supplémentaire de 1 à 5 dBA
- ❑ A 1.5m de haut et 50 m de distance, 5 m de sol souple irrégulier peuvent donner 6 dBA (4–5 dBA pour un terrain en pente)

Les bâtiments végétalisés

Yuliya Smyrnova,

Jian Kang (USFD)

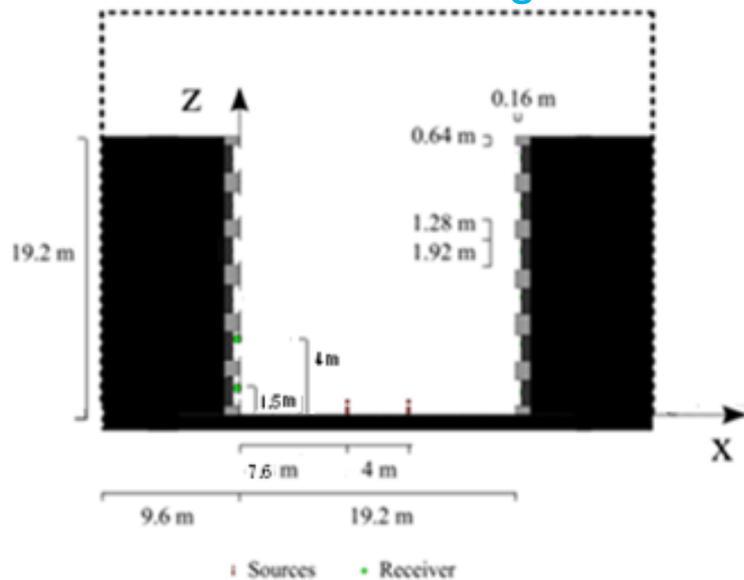
Timothy Renterghem (IBBT)

Maarten Hornikx (CTH)

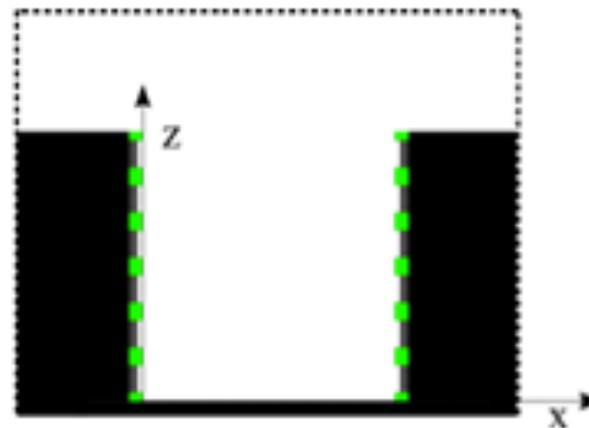
Exemple d'une rue



Cas de référence : sans végétation



Cas de façades végétalisées



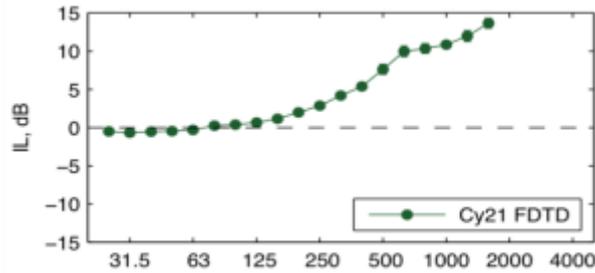
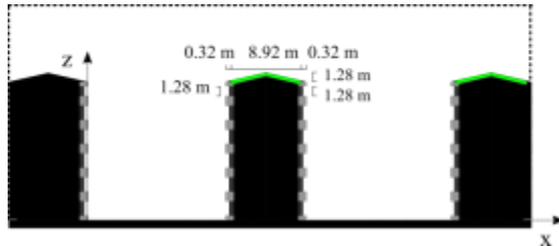
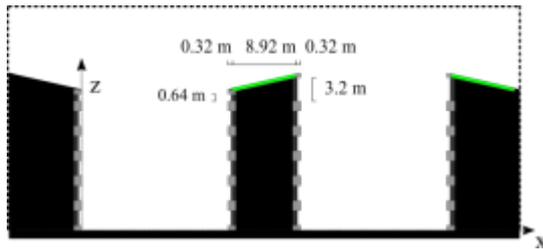
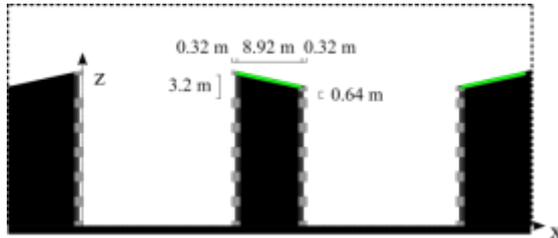
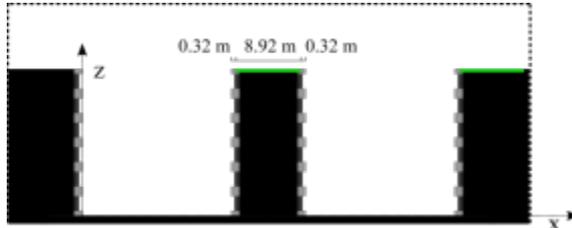
Diminution : 2-3 dBA

PRÉVENIR LE BRUIT EN MILIEU URBAIN
ÉLÉMENT D'UNE QUALITÉ DE VIE DURABLE



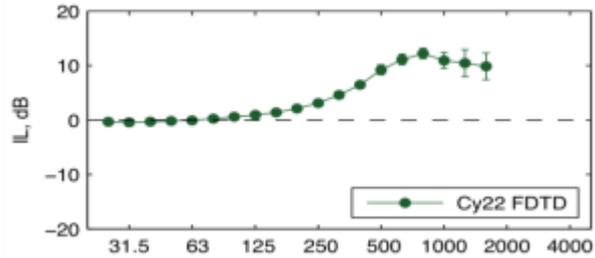
Récepteurs à 1,5 m de la façade,
à 4 m de hauteur

Toits végétalisés

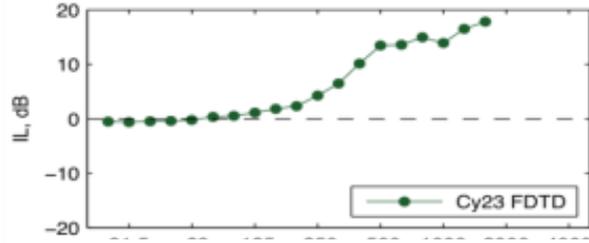


Atténuation

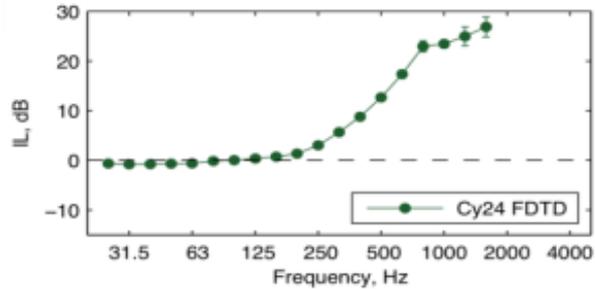
3 dBA



7.4 dBA



7 dBA



8 dBA

Ecrans bas et merlons bas végétalisés

Ecole d'Automne *Ville et Acoustique* – 23/10/2013 – J. Defrance – Diminution du bruit urbain par des moyens naturels

(récepteur à 1.5 m de hauteur)

Ecrans bas végétalisés

Rue 4 voies : 1-10 dB(A)

Tramway : 8-14 dB(A)

Ecran bas supplémentaire inter-voies

Rue 4 voies : +4-10 dB(A)

Tramway: +6-8 dB(A)

Merlon bas sur terrain plat

Rue 2 voies : 6-7 dB(A) T

Tramway : 7-12 dB(A)

Merlon/Ecran bas sur remblai

Autoroute : 5-6 dB(A)

Train : 6-8 dB(A)



Ecrans bas végétalisé en bordure

Ecole d'Automne *Ville et Acoustique* – 23/10/2013 – J. Defrance – Diminution du bruit urbain par des moyens naturels

- Substrat végétal (avec âme rigide centrale) de 40 cm d'épaisseur et 1 m de hauteur : une solution efficace pour améliorer le paysage sonore sous les ponts circulés
→ *piétons, cyclistes, résidents*
- Atténuation sonore importante avec ou sans âme rigide

Cas de l'autoroute :

Atténuation 6-8 dB(A)



- **Cas du tramway (2 voies) : Atténuation 8-12 dB(A)**
- **Cas du tramway (la voie la plus proche) : Atténuation 8-20 dB(A)**

Merlons de forme complexe

(récepteur à 1.5 m de hauteur)

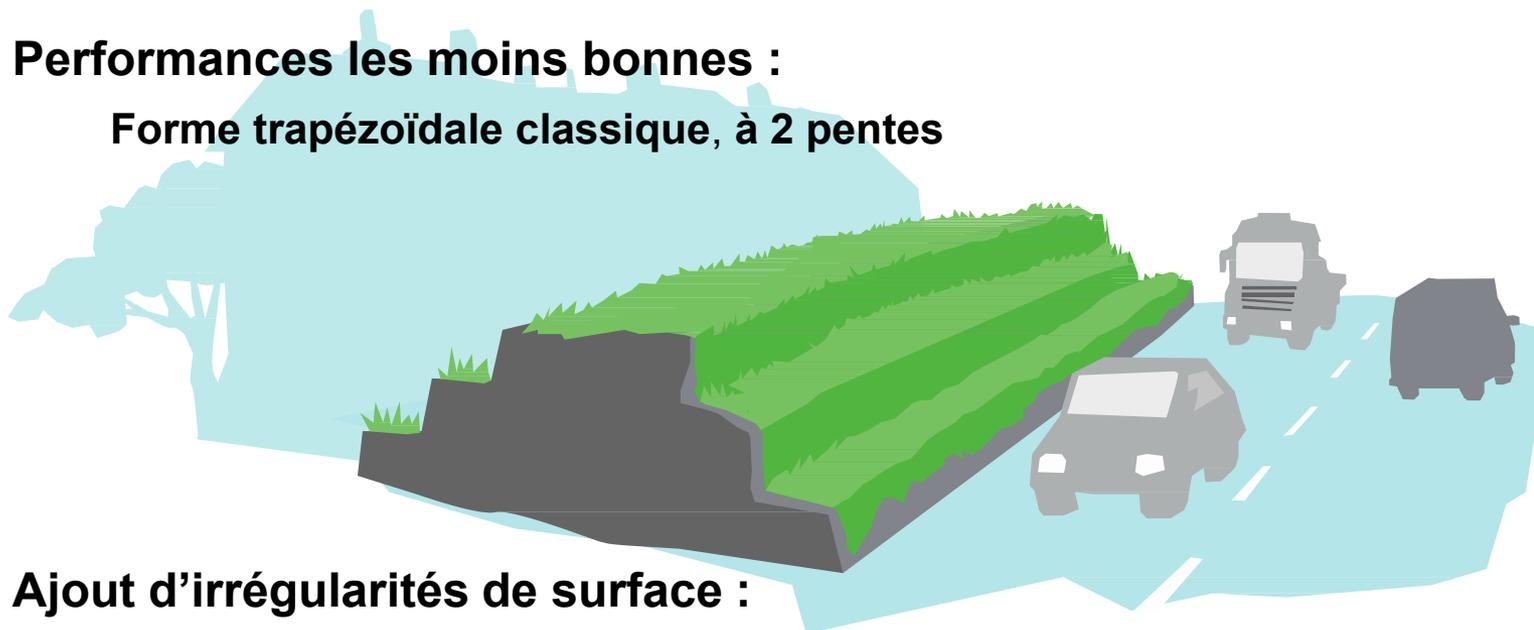
- **Meilleures performances:**

Merlon rectangulaire : 3-7 dB(A)

Merlons en escalier : 3-5 dB(A)

- **Performances les moins bonnes :**

Forme trapézoïdale classique, à 2 pentes



- **Ajout d'irrégularités de surface :**

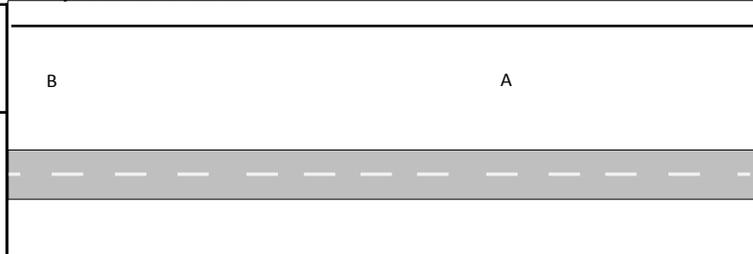
Prioritairement sur la face supérieure : 4 dB(A)

Le projet Hosanna à LYON

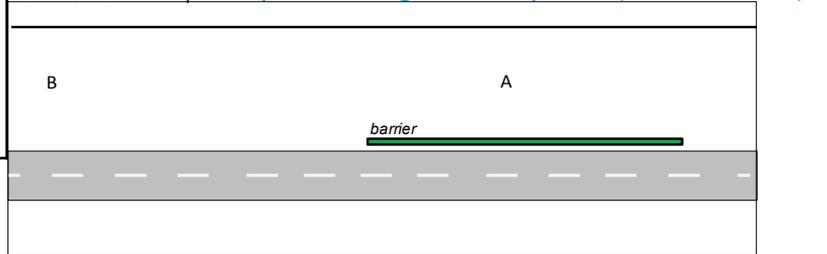
Quai Fulchiron - 2011

- 2 points de mesures simultanés (A avec écran et B point de référence)

T1: Before barrier is installed



T2: While barrier is in place



		Point A	Point B	
Temps 1 21-25 Mars	Groupe 1 (n = 50)	→		Groupe 2 (n = 50)
		Sans écran	Sans écran	
Temps 2 1-8 Avril	Groupe 3 (n = 70)	→		Groupe 4 (n = 70)
		Ecran	Sans écran	

Intégration 100ms

- Enregistrement audio continu
- Comptage des véhicules (radar + boucle)

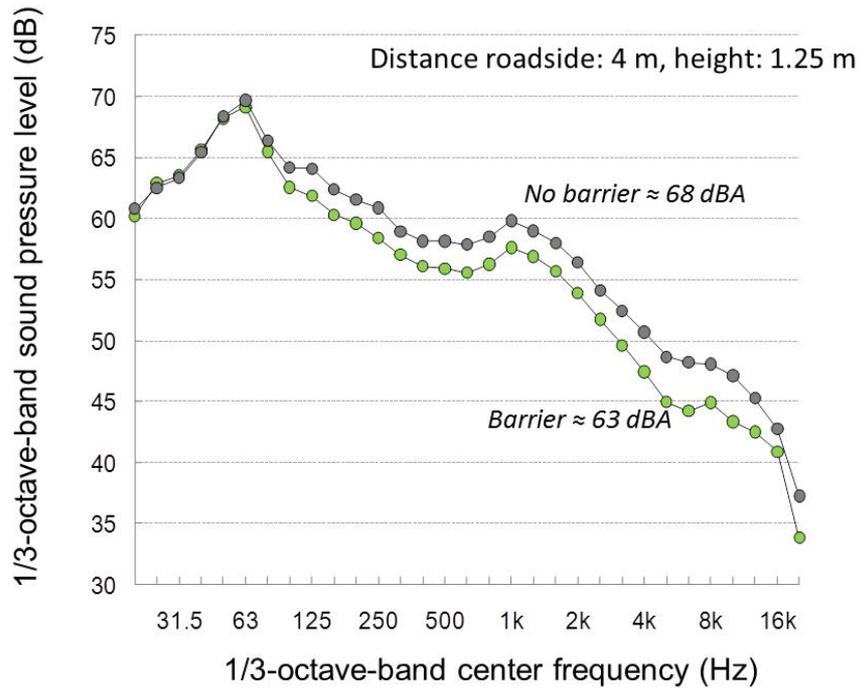
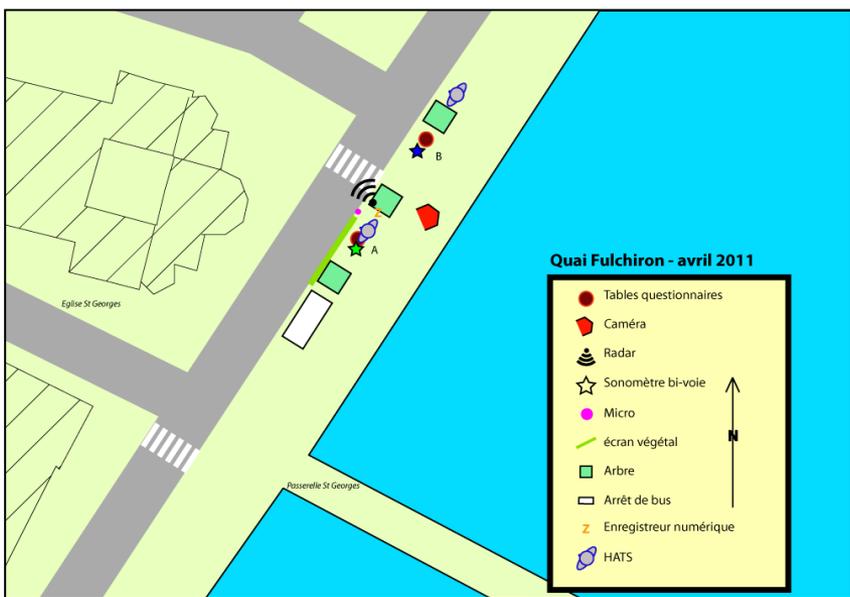
50x2 questionnaires sans écran
70x2 questionnaires avec écran



	LAeq		Lmax	
Point A – sans écran	67,5	gain : 4,5 dB(A)	98,5	gain : 5,5 dB(A)
Point B – avec écran	63		93	

	VL droite	VL gauche	PL	Bus	Deux roues
Gain LAeq	4,6	4,8	5,3	4,1	5,6
Gain LMax	5,2	6,3	7,3	5,8	5,4

Mesures réalisées à 1,50 mètres du sol et à 4 mètres de l'écran



Spectrum with and without barrier
 Mats Nilsson/Stockholm University



0 : pas de bruit
10 très bruyant

	avec écran	sans écran
moyenne	3,7	7,7

Point limite

Ecrans bas végétalisés

Expérimentation Quai Fulchiron (CSTB/Acoucité/Canevaflor)



**~ 5 dB(A) d'efficacité,
MAIS sans âme pleine et longueur limitée et 2 voies de circulation**

Rådsten-Ekman M, Vincent B, Anselme C, Mandon A, Rohr R, Defrance J, Van Maercke D, Botteldooren D, Nilsson ME,

Case-study evaluation of a low and vegetated noise barrier in an urban public space, InterNoise 2011, Osaka, Japan

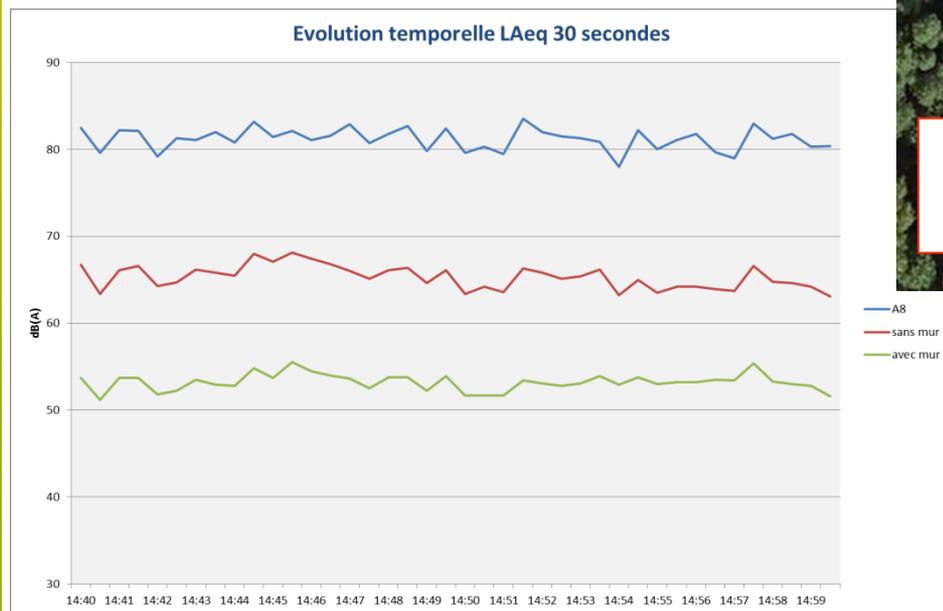
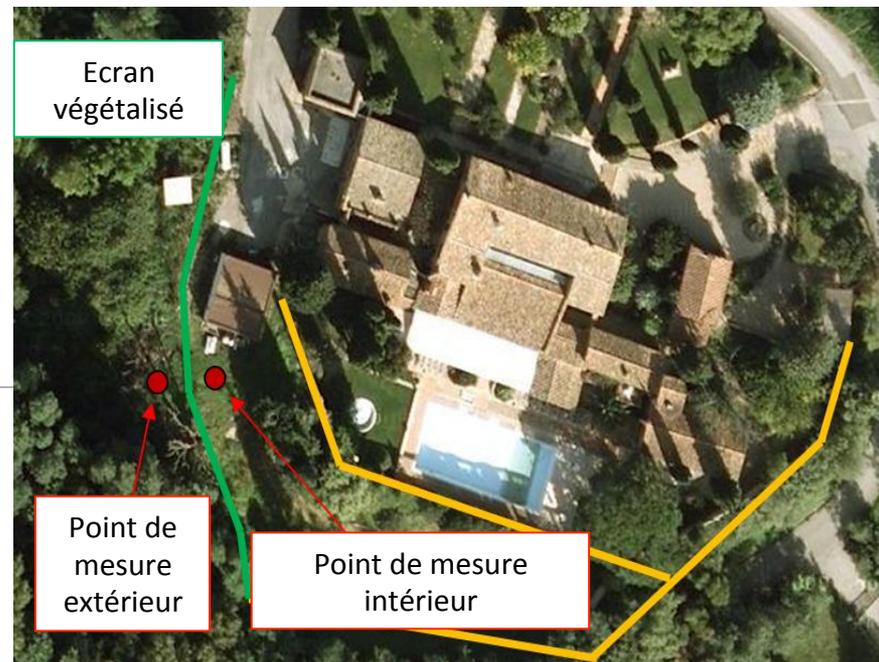
Conclusions écrans bas et merlons

- **Substrat végétal très bien adapté pour des solutions telles qu'écran bas et couronnement végétalisé**
(Ce substrat peut être végétalisé → sans perte des propriétés d'absorption)
- **Ajout d'un écran bas inter-voies : effet important : 4-10 dB(A)**
- **Pour des voies de circulation route/fer à grande vitesse, la forme classique trapézoïdale des merlons n'est pas la solution offrant les meilleures performances**
- **Les écrans bas végétalisés en bord de ponts semblent être une solution très prometteuse d'amélioration du paysage sonore pour les piétons et cyclistes circulant dessous**

Ecran haut végétalisé

Point de référence à proximité de l'A8

Mesures simultanées de part et d'autre de l'écran à 3 m du mur et à 2 m de haut



Evolution des niveaux globaux A du point de référence, ainsi que de part et d'autre de l'écran sur la période d'observation (20 minutes)

Résultats non encore validés par les normes françaises (travaux CNEA, APREA...)



CATEGORIES	METHODES D'ATTENUATION	ZONE PROTEGEE	REDUCTION DU BRUIT	COÛTS ET BENEFICES
Barrières Innovantes	Barrière de petite taille (1 m max.)	Chaussées , voies cyclistes, pour un récepteur à moins d'1 m de la barrière, habitations et espaces ouverts (parcs) dans les zones d'ombre des barrières	3-12 dB(A) pour une route urbaine 9-15 dB(A) pour un tramway de 2 à 50 m	+ Améliore l'apparence et contribue à la sécurité des piétons et des cyclistes
	Barrière végétale légère le long des ponts (1m max.)	Chaussés et voies cyclistes, espaces ouverts en dessous des routes urbaines et des tramways ; habitations aux mêmes niveaux ou en dessous	Jusqu'à 5 dB(A) en dessous du trafic routier d'un pont, Jusqu'à 15 dB(A) en dessous d'un pont de tramway	+ Améliore l'apparence et contribue à la biodiversité
	Barrière cristalle acoustique d'indice classé (1 m max.)	Grands espaces ouverts derrière la barrière, par exemple parcs	4 dB(A) à 15 m d'une barrière (véhicules légers seulement)	+ Conception sculpturale, grandes atténuations à certaines fréquences, malgré la structure drainante - atténuation non uniforme des fréquences
	Barrière végétale avec casquette (taille maximum de la casquette 1.20 m et hauteur mini de 4 m)	Parcs, terrains de jeux, jardins, voies cyclistes et pédestres le long des autoroutes, pour les récepteurs dans la zone d'ombre de la barrière	6-14 dB(A) de 1 à 20 m comparativement à une barrière droite rigide saine	+ Améliore l'apparence et contribue à la biodiversité - nécessité de solides fondations
	Murs de terre avec surface fortement non réfléchissante	Espaces ouverts et maisons le long des autoroutes et voies ferrées	Jusqu'à 5 dB(A) avec un mur lisse trapézoïdal de 1 à 50m	+ Améliore l'apparence et moins de graffitis et contribue à la biodiversité - plus large qu'une autre barrière
Arbres, arbustes, buissons	Arbres dans les voies en canyon et les avenues	voies piétonnes, façades intérieurs de rues et cours intérieures	Plus de 2dB(A) à proximité du positionnement des arbres dans la rue	+ Solution écologique (par exemple l'assimilation du taux de CO2, augmentation de la biodiversité) et améliore l'apparence - Plus large qu'une autre barrière
	Ceinture d'arbres (multiples rangées d'arbres)	Espaces ouverts près des voies urbaines et autoroutes, bordures des parcs près des voies urbaines	Jusqu'à 6 dB(A) à 50 m d'une profonde ceinture d'arbres	+ Solution écologique (assimilation du taux de CO2, augmentation de la biodiversité), améliore l'apparence et réduit de la pollution de l'air - Plusieurs années pour le maximum de réduction du bruit, prévoir des espèces denses et compactes
	Arbres derrière les barrières	Zones derrière les barrières anti-bruit dans le sens de propagation du vent et du bruit	Jusqu'à 5 dB(A) à une distance de 100 m pour les fortes propagations du vent près des autoroutes	+ Forte réduction de l'impact visuel des murs anti-bruit - Nécessite une canopée dense pour maximiser les effets, complexe car dépend des effets de la distance et apparition d'effets négatifs à partir d'une certaine distance

CATEGORIES	METHODES D'ATTENUATION	ZONE PROTEGEE	REDUCTION DU BRUIT	COÛTS ET BENEFICES
Traitements du sol	Rugosité des éléments de configuration des sols durs	Chaussée et espaces ouverts près des routes urbaines, voies ferrés et tramways	Jusqu'à 3 dB(A) à 10 m Jusqu'à 12 dB(A) à 50 m	+ Visuel non intrusif - Prend plus d'espace qu'une barrière "traditionnelle"
	Surfaces et bandes douces	Bande d'arrêt d'urgence et espaces ouvert comme les parkings	3-9 dB(A) à 50 m	+ Améliore l'apparence et contribue à la sécurité des piétons et des cyclistes
	Sol et protection du sol	Espaces ruraux ouverts le long des autoroutes	Jusqu'à 9 dB(A) à 50 m	+ Améliore l'apparence et augmente les espaces verts
	Cultures	Espaces ruraux ouverts le long des autoroutes	Jusqu'à 5 dB(A)	+ Contribue à la sécurité de la nourriture - Effets saisonniers
	Résonateurs enterrés	Bande d'arrêt d'urgence et routes	Jusqu'à 3 dB(A) à 7,5 m	+ Peut être utilisé pour améliorer les effets de l'asphalte poreux
Toits et façades végétales	Façade végétale côté route	Façade végétale côté route	2-3 dB(A) à hauteur de 4 m à 1,5m de la façade	+ Améliore l'apparence et réduit la pollution de l'air
	Façade végétale dans les aires urbaines	Façade des immeuble construits à l'intérieur des places publics	3 dB(A) à hauteur de 1.5 m en tout point de la place publique	+ Améliore l'apparence et l'isolation thermique des immeubles - assombrissement, coût d'installation de maintenance et durée de vie
	Façade végétale côté cour	Façade des immeuble construits à l'intérieur des cours	4 dB(A) pour H 1.5 m sur cour et sur les façades	+ Améliore l'apparence, réduit la pollution de l'air et améliore l'isolation thermique des immeubles - assombrissement, coût d'installation, de maintenance et durée de vie
	Ouverture végétale cour intérieure	3 m des ouvertures courantes, sur toute la longueur à travers l'immeuble	4.5 dB(A) à hauteur de 1.5 m sur cour et sur les façades	+ Améliore l'apparence et l'isolation thermique des immeubles - assombrissement, coût d'installation, de maintenance et durée de vie
	Toit végétal	Installation (10 cm d'épaisseur de substrat) sur le toit autour des cours	2.5 dB(A) pour les toits plats et 8 dB(A) pour les toits inclinés à hauteur de 1.5 m sur cour et sur les façades	+ Améliore l'apparence et l'isolation thermique des immeubles, améliore les écoulements d'eau, coûte moins cher (installation et maintenance), durée de vie élevée (50 ans)
	Barrière toiture	0.64 x 0.96 (largeur X hauteur) barrières aux bords des immeubles autour des cours	3 dB(A) pour barrières le long des 2 côtés de l'immeuble à hauteur de 1.5 m, sur cour et sur façades	+ Améliore l'apparence et la sécurité du toit

En conclusion...

- L'atténuation variera selon les dimensions de l'aménagement, elles sont à prendre en compte en amont : un merlon en escalier ça s'anticipe...les pentes de toits végétalisés aussi...
- Un gain potentiel en terme de diversification du paysage sonore (oiseaux, insectes...)...
- Un regard positif sur le végétal qui ne peut qu'améliorer le gain acoustique perçu (travaux de Mats Nielson...)
- Site du projet HOSANNA <http://www.greener-cities.eu/>
- Obtenir cette présentation, message à Observatoire.bruit@acoucite.org
- Site d'Acoucité <http://www.acoucite.org>