



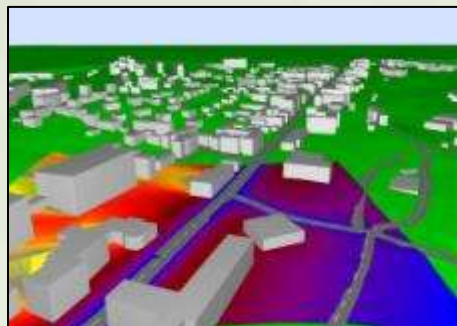
ECUM
49e École urbaine de l'ARAU
Le bruit de la ville



Acoucité, 20 ans d'observatoire de l'environnement sonore orienté vers l'action, au service des agglomérations

Bruno Vincent, PhD directeur

Aix-En-Provence, octobre 2019



Acoucité

- Association 1901 fondée en 1996
- Mettre en place et gérer un observatoire sur des sites pilotes
- Mission de recherches répondant aux besoins des collectivités
- Pôle de compétences partenarial

1 directeur (PhD)	1 assistante direction	5 ingénieurs
1 informaticien	1 sigiste	2 techniciens mesures

Sonomètres Prise de son SIG Modélisation Enquêtes



Membres et partenaires

- | | |
|-------------------|---|
| • GRAND LYON | Mission Ecologie Urbaine |
| • CEREMA | ex CERTU/CETE |
| • CSTB | Centre Scientifique et Technique du Bâtiment |
| • IFSTTAR | ex INRETS |
| • ENTPE | École Nationale des Travaux Publics Lab. Sciences Sociales de l'Habitat |
| • TERRITOIRES | Aix en Provence, Grenoble, Monaco, Lille, Montbéliard, Nancy, Nice, Saint-Etienne, Toulouse, Valence, Villeurbanne... |
| • AITF | Groupe Bruit de l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France |
| • CIDB | Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit |
| • SEPAL et SYTRAL | SCoT et PDU |

GRAND LYON
la métropole

Cerema

CSTB
le futur en construction

IFSTTAR

ENTPE

FONDATION
DE FRANCE



Rhône-Alpes Région



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

SYTRAL

SCoT 2008

CIDB
Centre d'information et de documentation
sur le Bruit

AITF
ASSOCIATION DES INGÉNIEURS
TERRITORIAUX DE FRANCE

Ministère
de l'écologie, de l'énergie,
du Développement durable
et de l'aménagement
du territoire

acoucity

**Grand
Nancy**
AGGLOMERATION

**toulouse
métropole**

villeurbanne

IM ravs de
Montbéliard
AGGLOMERATION

Valence AGGLO
SUD RHÔNE-ALPES

PRINCIPALITÉ DE MONACO
DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT

**NICE
COTE
AZUR**

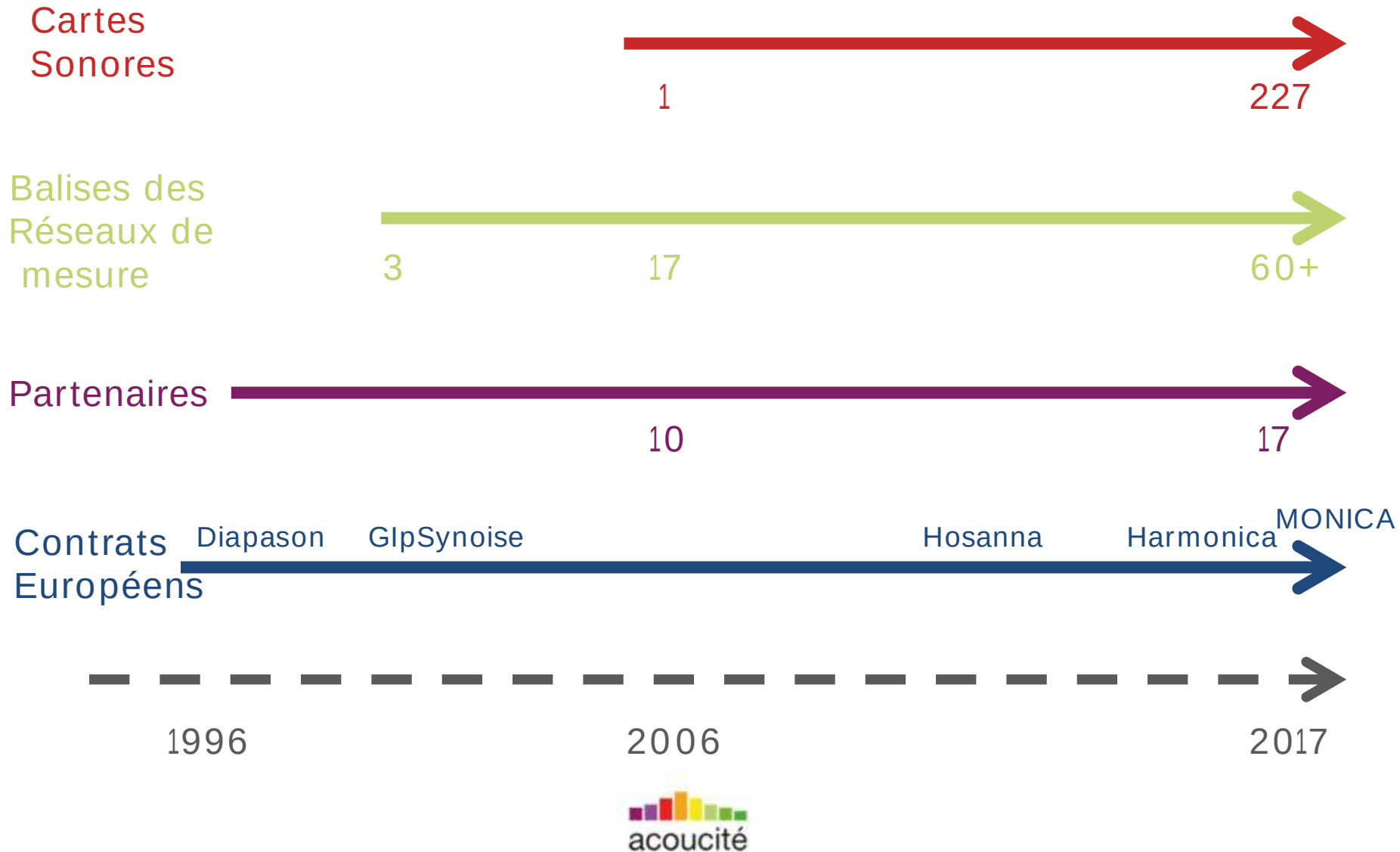
GRENOBLE-ALPES
AGGLOMERATION

PAYS D'AIX

**SAINT-ETIENNE
métropole**

lillemetropole.fr

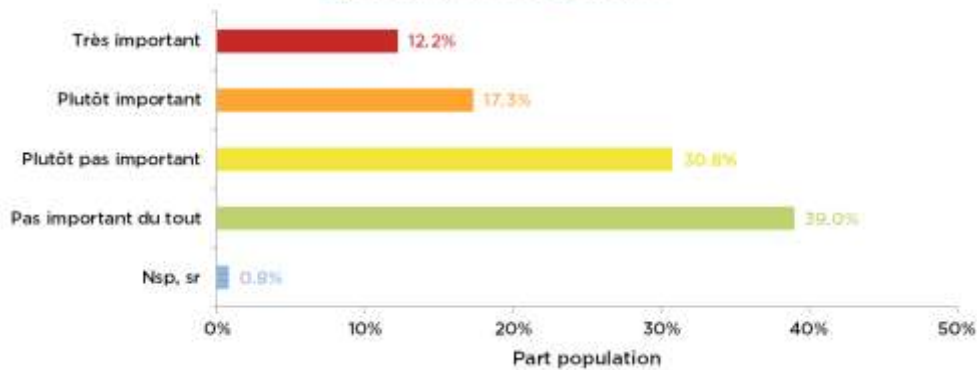
Un peu d'histoire contemporaine...



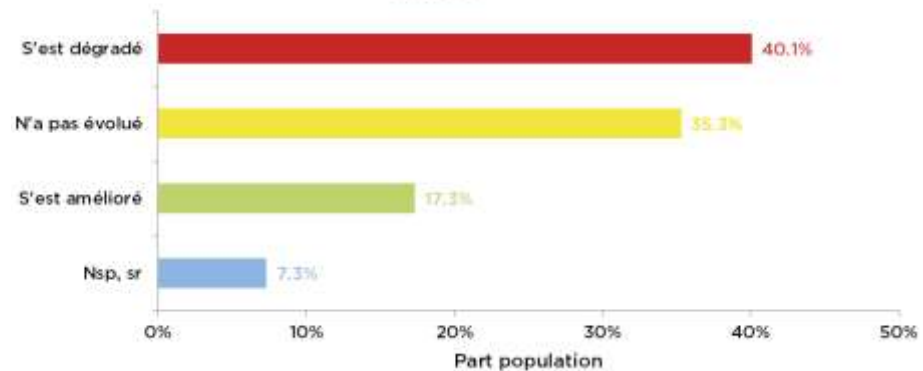
Le bruit

Enquête 2002, Grand Lyon

Niveau de perception du bruit par les habitants du Grand Lyon dans leurs logements



Evolution de la perception du bruit au cours de 10 dernières années



Source :
Cahier Bruit, volet environnemental Agenda 21

Le bruit

- Qu'est-ce le bruit?

Mélange confus de sons perçus comme étant sans harmonie, par opposition à la musique (Larousse)

Mélange confus de sons (Littré)

Manifestation sonore déplaisante (wikitionnaire.org extrait du Dictionnaire de l'Académie française, huitième édition, 1932-1935)

Le bruit

- Qu'est-**ce** qu'un son?

Sensation auditive engendrée par une onde acoustique
(Larousse)

Toute vibration acoustique considérée du point de vue des
sensations auditives ainsi créées (Larousse)

Quelque chose que l'on peut écouter, entendre
(wikitionnaire.org extrait du TLFi, Le Trésor de la langue
française informatisé, 1971-1994)

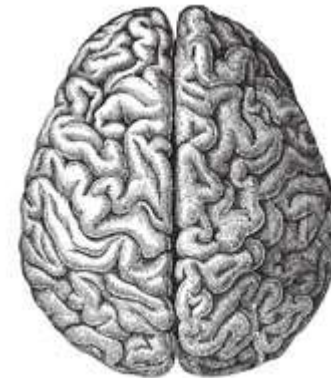
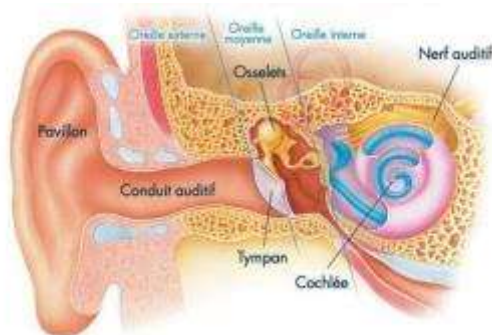
Le bruit

Physique
(onde acoustique)



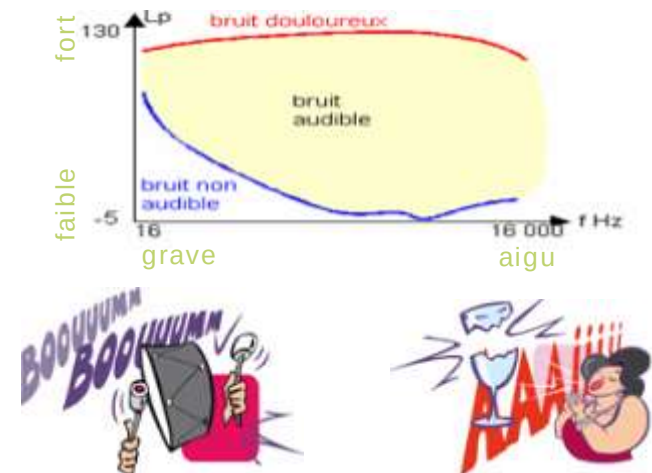
Sensorielle
(sensation auditive)

Cognitive
(représentation mentale)



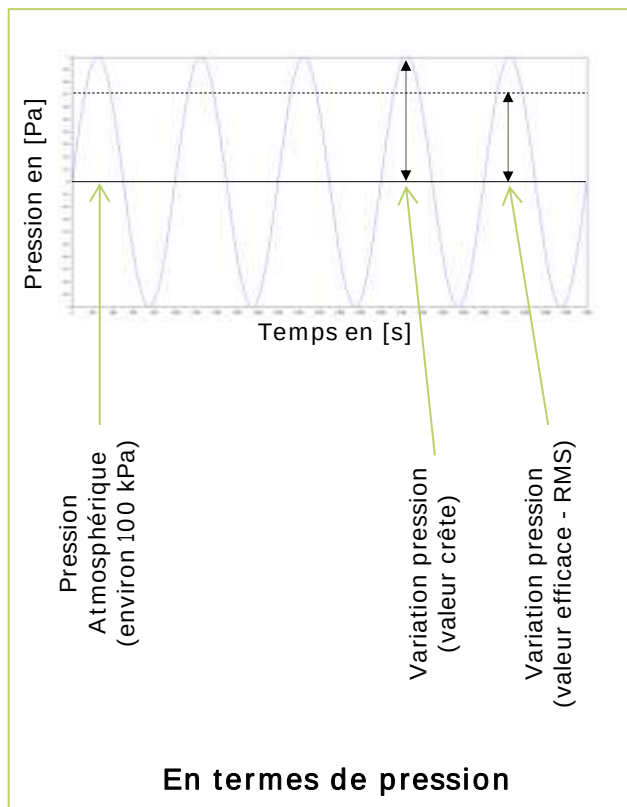
Le bruit - Physique

- Onde mécanique qui se propage dans un milieu élastique (i.e.: air)
- Variations de pression autour de la pression atmosphérique (compression et raréfaction successive au passage de l'onde)
- Paramètres servant à le décrire:
 - Amplitude
 - Fréquence
 - Temps



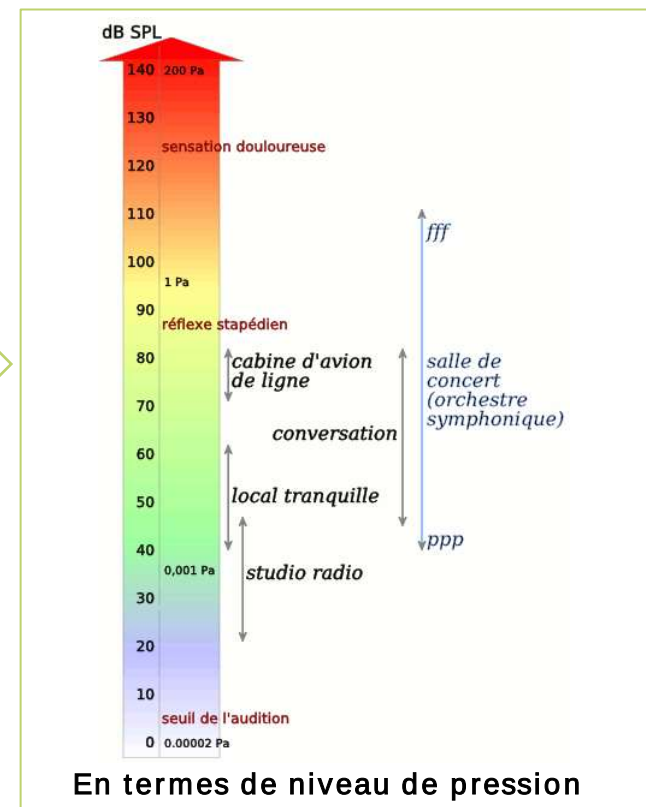
Le bruit – Physique - Amplitude

- Le décibel (dB)



Plage de valeurs de pression trop importante:

- Seuil audition= 0.00002 Pa
- Seuil de douleur= 20 Pa



Le bruit – Physique - Amplitude

- L'addition de décibels: Le doublement de l'excitation sonore se traduit par une augmentation de 3dB des niveaux de bruit.

$$\text{🚗} + \text{🚗} = \text{🚗} + \mathbf{3\text{dB}}$$

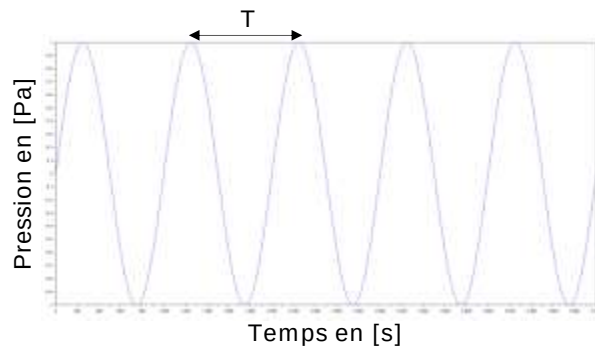
- Multiplier la source par 10 revient à augmenter le niveau de 10 dB.

$$\mathbf{10 \times} \text{🚗} = \text{🚗} + \mathbf{10\text{dB}}$$

- Un individu a la sensation que le bruit double lorsque l'énergie acoustique est multipliée par 10.

Le bruit – Physique - Fréquence

- Fréquence: nombre d'oscillations par seconde



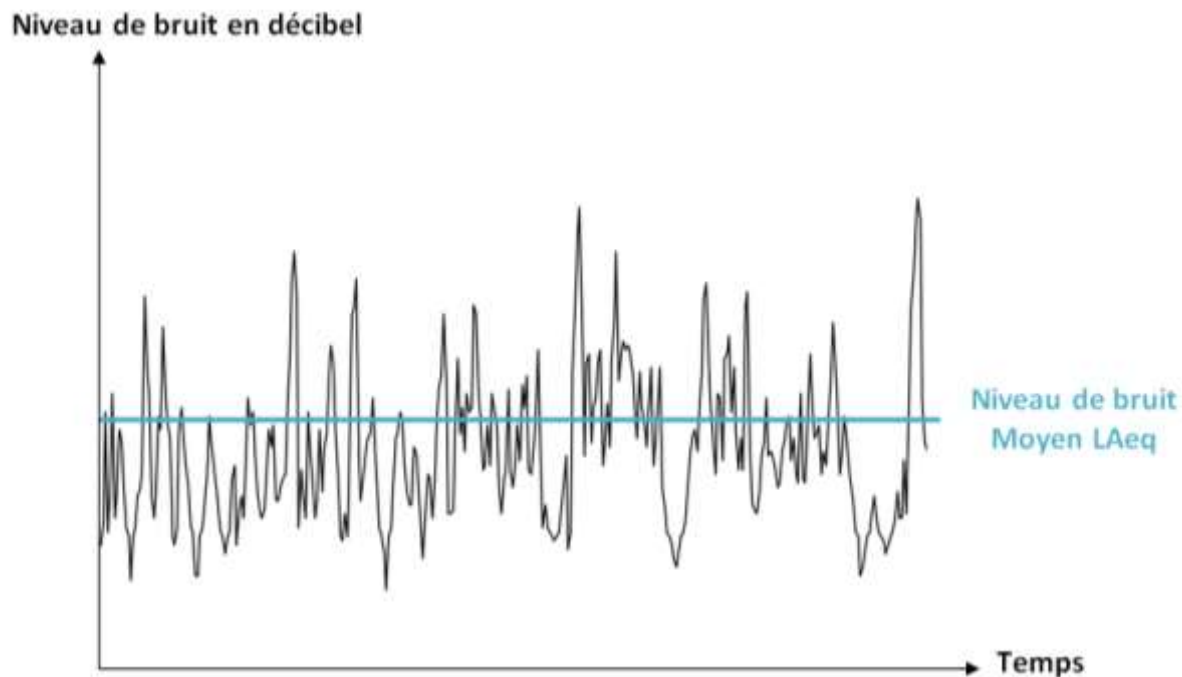
Fréquence = $1/T$ en Hertz [Hz]

- Son grave = basse fréquence; Son aigu = haute fréquence
- Plage audible: 20 Hz à 20 kHz

Les infrasons sont des sons avec des fréquences inférieures à 20 Hz. Les infrasons peuvent être entendus (ou tout au moins ressentis) si les niveaux sont suffisamment élevés. Des seuils d'audition peuvent être déterminés.

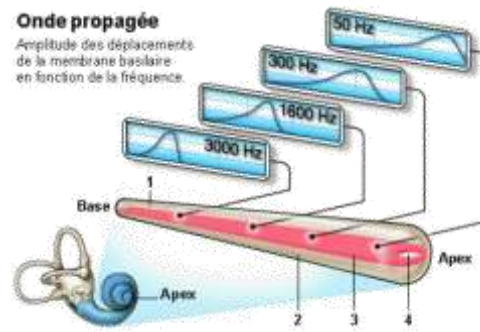
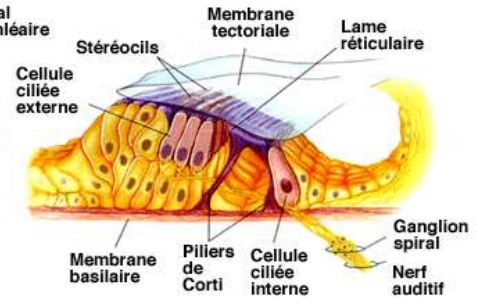
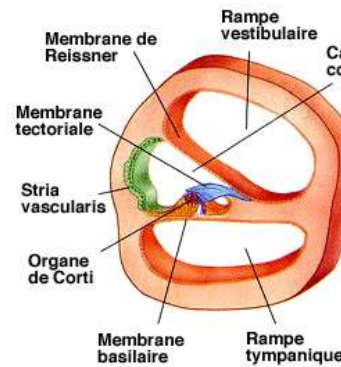
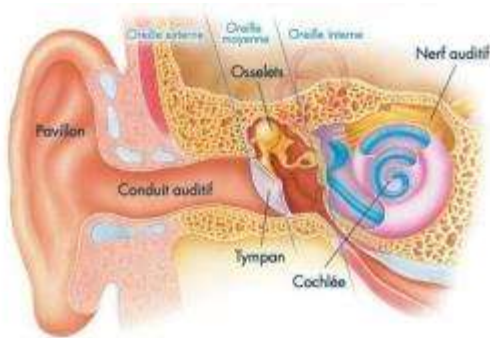
Le bruit – Physique - Temps

- Un bruit qui varie dans le temps peut être caractérisé par sa valeur moyenne énergétique sur une période donnée



Le bruit - Sensoriel

- Comment fonctionne l'appareil auditif?



Les effets du bruit sur la santé

On distingue:

- Effets directs
- Effets indirects

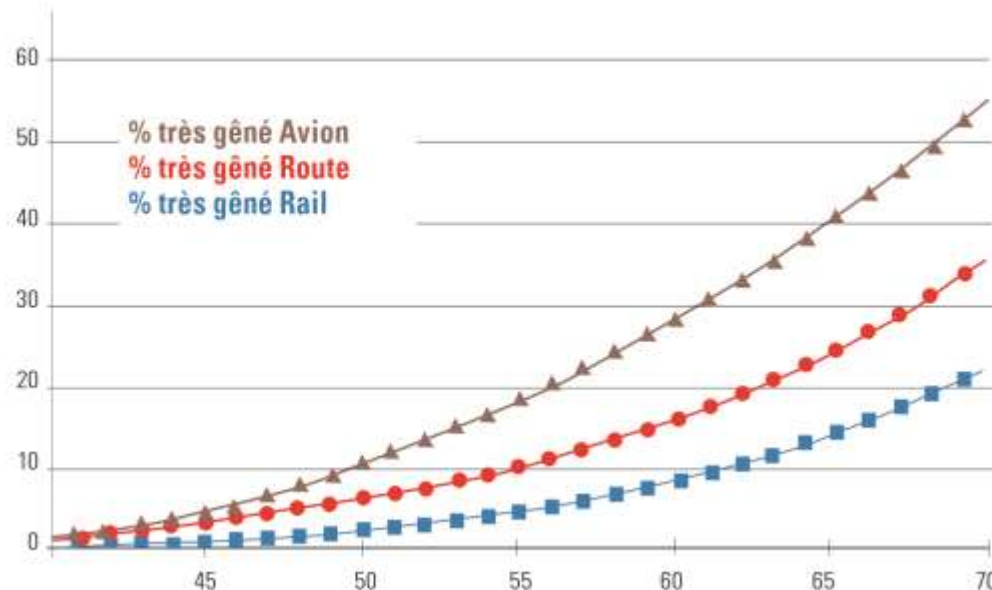
Les effets du bruit sur la santé

Qu'est ce que la gêne?

«La gêne peut se définir comme une sensation de désagrément, de déplaisir provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu (ou le groupe) connaît ou imagine le pouvoir d'affecter sa santé.»

O.M.S. Le bruit, critère d'hygiène de l'environnement N° 12, 1980

SCHÉMA DOSE RÉPONSE



- Facteurs acoustiques
- Facteurs contextuels
- Facteurs individuels

LDEN en façade
Relations dose-réponse bruit (LDEN – 24h) et
gêne long terme selon 3 modes de transport
20 Février 2002 - Position Paper WG 2

Le bruit - Cognitif

- Contexte (interférence avec l'activité)
- Mémoire (signification, sensibilité individuelle)
- Réactions végétatives* (autonome, viscéral ou involontaire)

*Les réactions végétatives ne sont pas issues d'une activité du cortex cérébral. Donc, on ne peut pas dire que c'est un phénomène purement « cognitif ».

Les effets du bruit sur la santé

Effets directs:

- Surdité passagère

Déplacement temporaire du seuil d'audition (TTS) suite à une exposition occasionnelle à des niveaux de bruit élevés (concert)

- Surdité définitive

Déplacement définitif du seuil d'audition (PTS) suite à une exposition répétée à des niveaux de bruit élevés (travail dans un environnement bruyant)

Les effets du bruit sur la santé

Effets indirects

- Maladies cardiovasculaires
- Perturbations du sommeil
- Troubles fonctionnels (palpitations, troubles digestifs)
- Troubles de l'apprentissage chez l'enfant
- Diminution de la vigilance
- Diminution de l'efficacité au travail
- Effets chroniques (stress): comportement dépressif, anxiété
- Gêne

D'une façon générale : pas d'habituation physiologique au bruit

« Effets du bruit sur la santé : données épidémiologiques récentes » <http://www.john-libbey-eurotext.fr>

Les effets du bruit sur la santé

- DALY : Années de vie en bonne santé qui sont perdus

DALY

Disability Adjusted Life Year is a measure of overall disease burden, expressed as the cumulative number of years lost due to ill-health, disability or early death

$$= \text{YLD} + \text{YLL}$$

Years Lived with Disability + Years of Life Lost



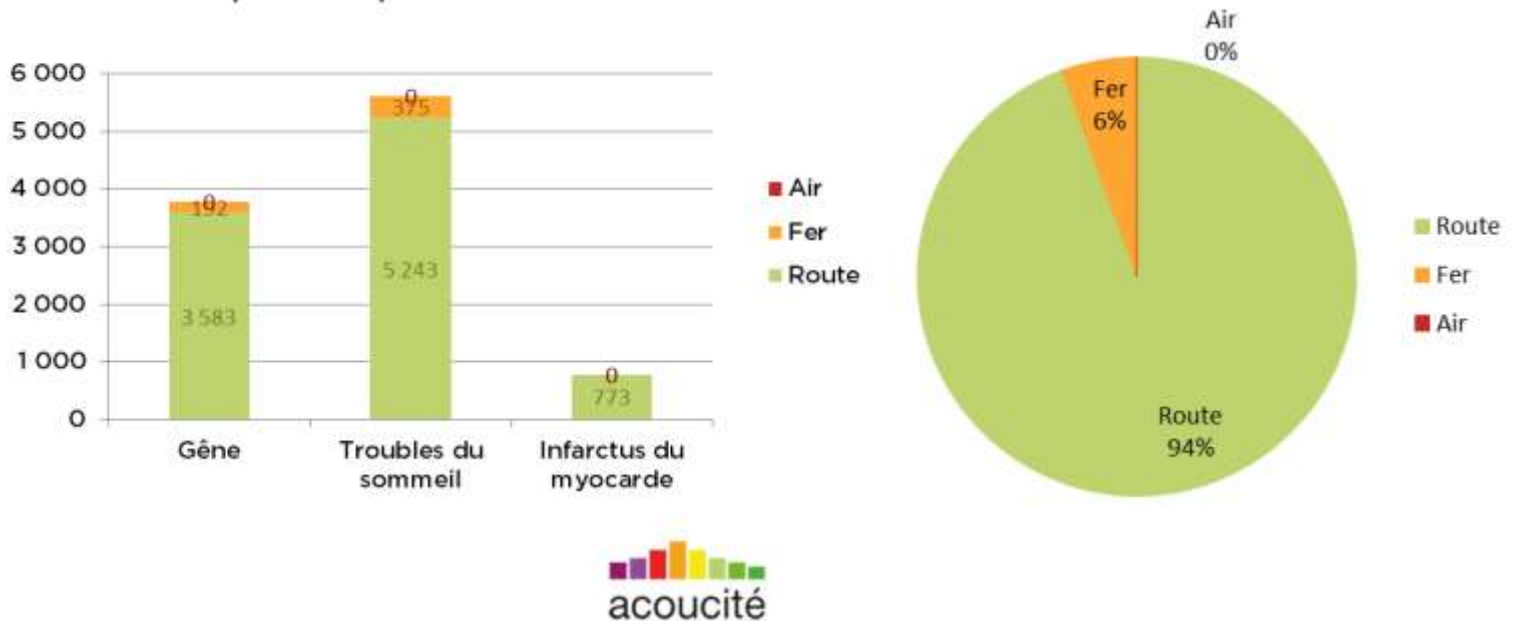
By Original:PlanemadVector:Radio89 - This file was derived from DALY disability affected life year infographic.png; CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20278903>

Les effets du bruit sur la santé

- DALY : Résultats sur le territoire de la Métropole de Lyon

Source	Gêne	Troubles du sommeil	Infarctus du myocarde	Total
Route	3 583	5 243	773	9 599
Fer	192	375	/	567
Air	0	0	/	0
Total	3 775	5 619	773	10 166

DALY pour chaque effet sanitaire étudié

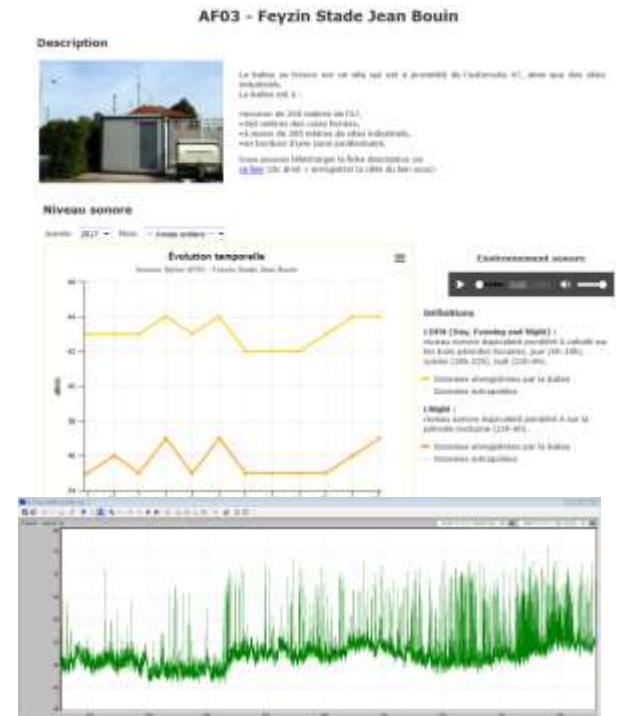
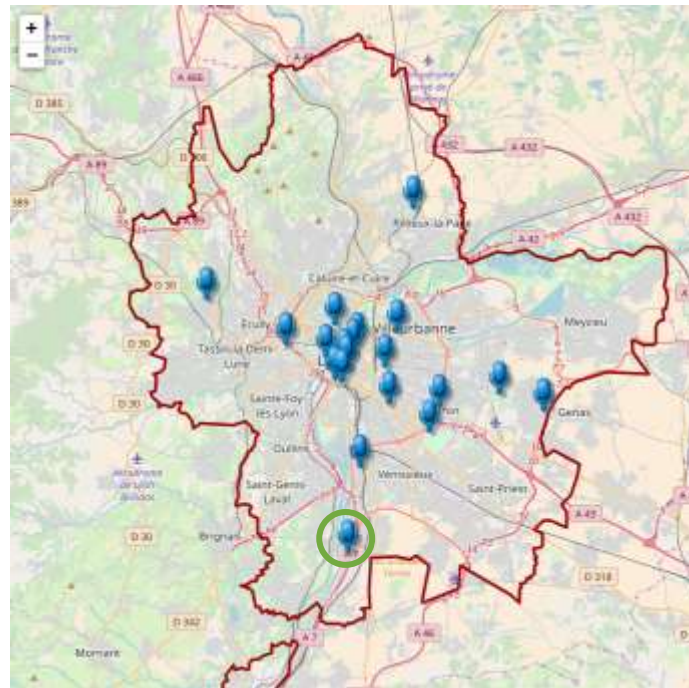


DALYs : Extrapolation statistique pour une vie entière sur **l'agglomération Lyonnaise pour le bruit des transports**

- Données 2015 INSEE, moyenne espérance de vie **82,05 ans**.
- VSLY Value of Statistical Life Year : 50 000 € (OMS)
- Sur le territoire de la Métropole de Lyon :
- **8,03 mois** perdus en moyenne sur une vie entière par habitant.
- Coûts économiques de la charge de la morbidité **508 millions d'euros**.

Acoucité - Actions

- **Réseaux de mesure permanente 2008**, avec le soutien de l'Ademe et de la Mission bruit du MEDDE, Acoucité publie le premier **guide méthodologique pour les observatoires du bruit**, actualisé et traduit en anglais en 2010.



Objectifs et missions des observatoires

Rendre compte des évolutions du bruit et des ambiances sonores

zones de bruit critiques

Points Noirs Bruits

Espaces prioritaires pour l'action publique : niveaux élevés, fortes densités et /ou fragilité population

zones à enjeux

Aménagement ou changement

Espaces à évolutions des usages et des fonctions urbaines prévisibles (voirie, ZAC...)

zones calmes

Espaces urbains apaisés

Niveaux sonores faibles ET bonne appropriation en termes d'usages

- *suivre et évaluer les actions*
- *alimenter le débat public*
- *capitaliser des retours d'expériences*



Les cartes de bruit

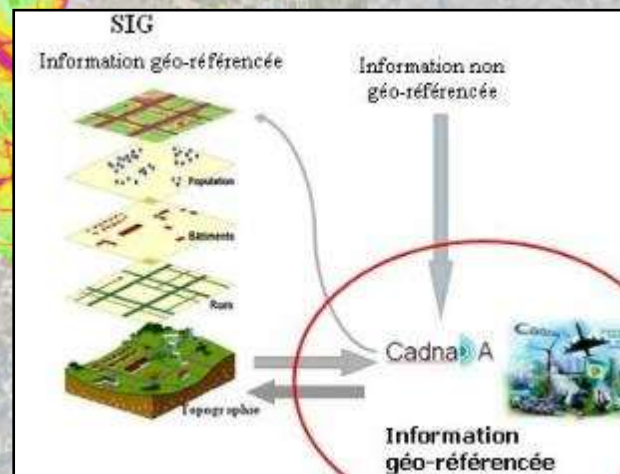
Réaliser,
Améliorer
Accompagner

Topographie

- Réseau ferré
- Réseau routier
- Ecrans routiers
- Pistes aéroport
- Bâtiments
- Hydrographie
- Communes

Niveaux sonores

- < 45 dBA
- 45 - 50 dBA
- 50 - 55 dBA
- 55 - 60 dBA
- 60 - 65 dBA
- 65 - 70 dBA
- 70 - 75 dBA
- >= 75 dBA



Les approches sensibles

Le bruit, une perception...

- questionnaires
- entretiens individuels
- entretiens téléphoniques
- micro-enquêtes « trottoirs »
- observation des usages et comportements
- questionnaires de groupe



Les enregistrements audio

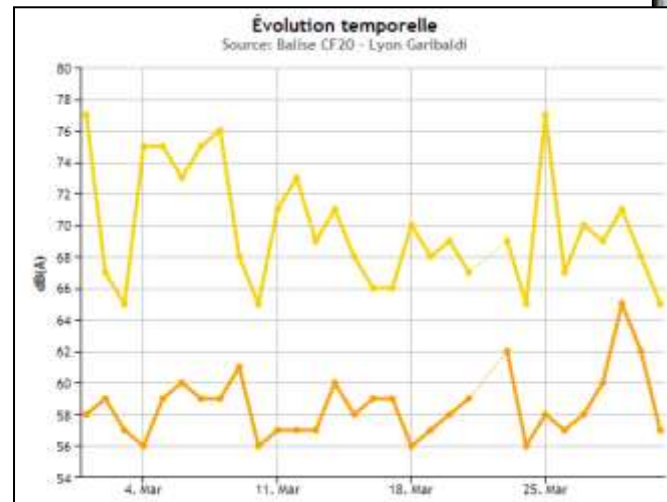
- **Illustrer**, au même titre qu'une photo pour le visuel, ce qui est **entendu et perçu**.
- Garder une trace de l'ambiance **sonore**.
 - cartes postales sonores (depuis 2002)
 - maquettes sonores



Les réseaux de mesures

Rendre compte des variations spatiales et temporelles grâce à ses outils (mesures, calculs, enquêtes...)

- nombre suffisant de stations
(représentatif des situations sonores)
- Durée suffisante
(comparaison long terme minimisant les incertitudes
météo, météo et méthodo...logiques)



Des pas de temps variables sur des sites représentatifs

- Mesures permanentes



- Mesures répétées



Apporter une information sur les tendances en fonction de facteurs nombreux et croisés

Un observatoire : un outil d'information...

Porter à la connaissance du plus grand nombre :

- Citoyens, habitants (à titre individuel ou collectif)
- Élus, outils de politique publique
- Techniciens et aménageurs

Produire des indicateurs d'évolution :

- niveaux physiques et variations temporelles
- exposition des populations
- vécu et d'attentes des habitants

...orienté vers l'action

Alimenter une sensibilisation citoyenne

Préparer des comportement citoyens

- rôle pédagogique



- cartes postales sonores sur l'agglomération lyonnaise



Apporter de la connaissance au public et aux professionnels

- 2007/2/CE (directive Inspire) : les données collectées sont mises à disposition dans des formats permettant des traitements aisés
- Open DATA de l'agglomération Lyonnaise (données du réseau de mesure et rasters des cartes de bruit)
<http://data.grandlyon.com/environnement/rfseau-permanent-de-mesure-de-bruit-du-grand-lyon/>
- Développements d'outils numériques à destination des citoyens (web, tablettes, smartphones...) avec des bases de données robustes
- le *crowdsourcing* (production participative de données) : meilleure connaissance du bruit dans l'environnement voire des changements de comportements pour soi-même ou pour la collectivité

La mesure de l'environnement sonore ouverte à tous

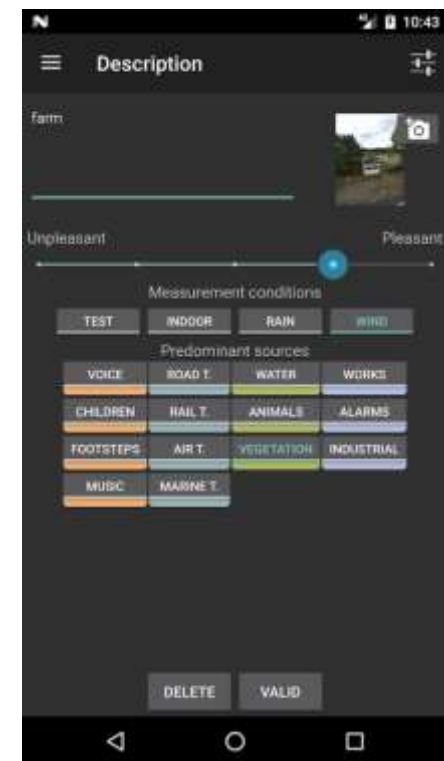
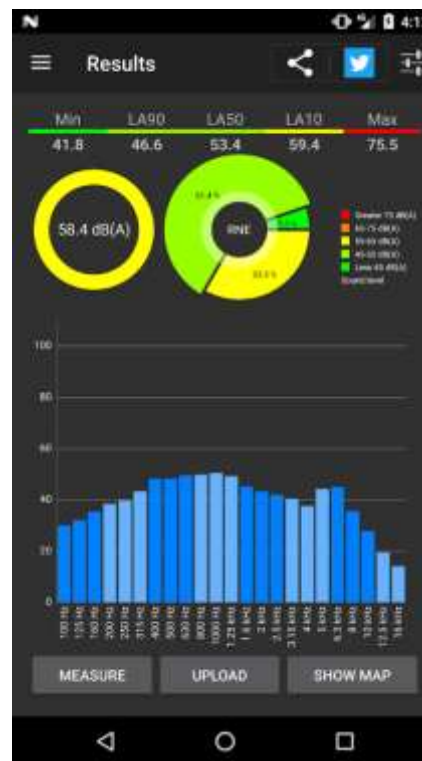
L'application **OpeNoise** a les fonctionnalités d'un sonomètre:

- Mesure en temps réel du niveau de pression sonore avec pondération A (niveaux moyen, minimum et maximum)
- Analyse spectrale en tiers d'octave et bande fine
- Enregistrement de données au format texte
- Calibration



La mesure de l'environnement sonore ouverte à tous

- L'application **Noise Capture** permet de réaliser une mesure de bruit qui vous informera sur votre exposition au bruit



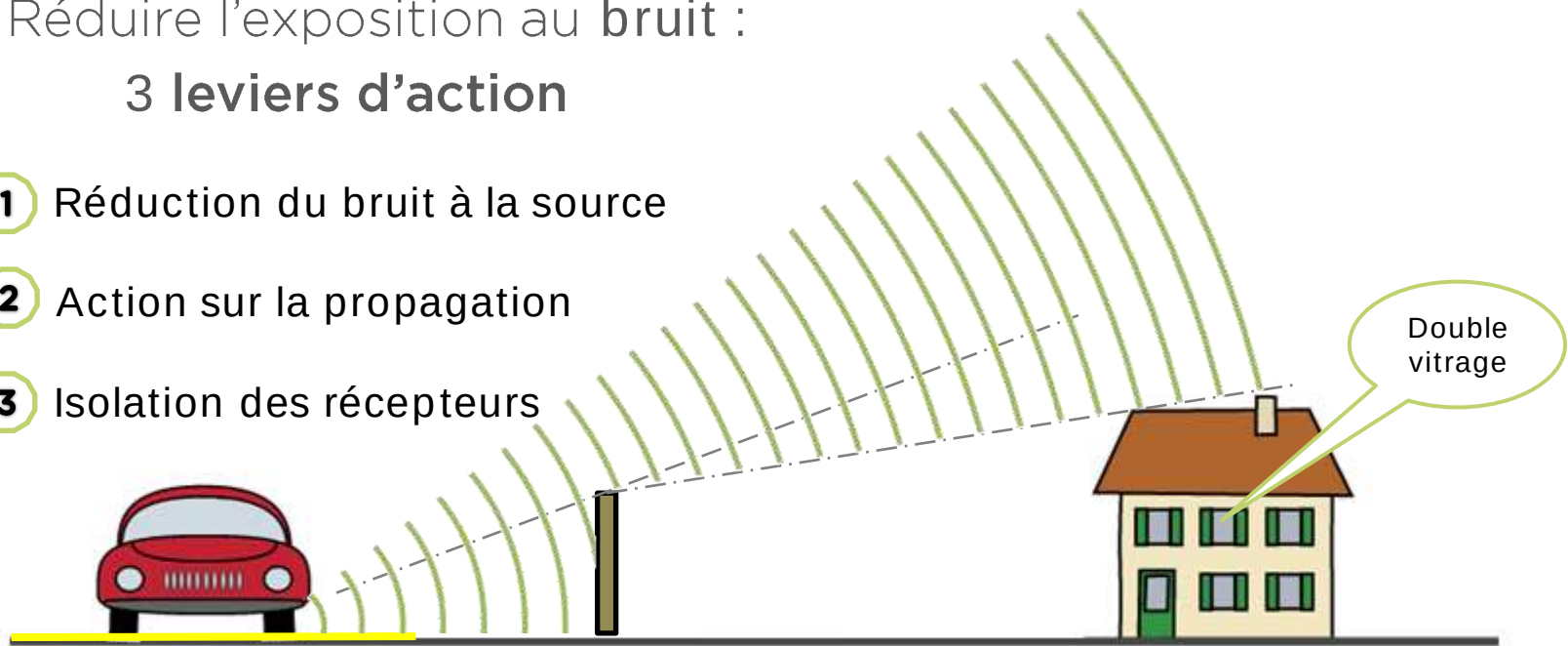
Réduction de l'exposition au bruit

- Réduire l'exposition au **bruit** :
3 leviers d'action

1 Réduction du bruit à la source

2 Action sur la propagation

3 Isolation des récepteurs



1

- Diminution du trafic
- Véhicules plus silencieux
- Revêtements spéciaux

2

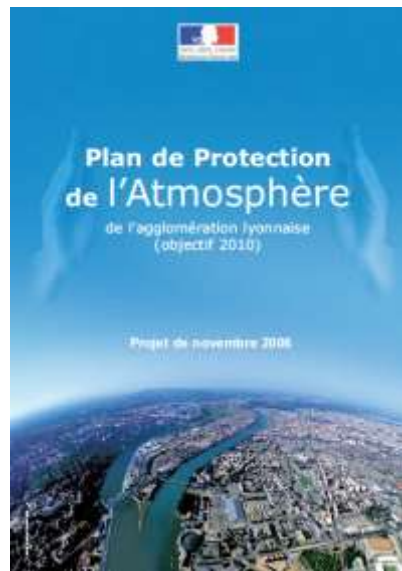
- Ecran
- Talus
- Mur jardin

3

- Isolation de façade
- Isolement de toiture

Acoucité - Actions

- Accompagnement: PPBE, PLU, Scot, PDU, PPA



Rôle actif des observatoires

- Intégrer la dimension sonore dans une approche **élargie de l'environnement**
 - Alimenter la réflexion avant **l'action**
- Les Grands Leviers des politiques publiques
PN(R)SE, PDU, PLU, SCOT, PPA, AVAP, ZPPAUP...
- Approches croisées air/bruit
Depuis 2004, collaboration Acoucité et ASQA

4 exemples de partenariats de recherche

- Harmonica



- Hosanna



- Orhane



- MONICA



HOSANNA



<http://www.greener-cities.eu/>



~ 5 dB(A) d'efficacité

Evaluation de la performance acoustique

Basé sur les formes urbaines et les écrans bas

- Améliorer le confort acoustique
- Favoriser une végétalisation urbaine et l'utilisation de matériaux recyclés
- Limiter les ilots de chaleur

Point focal

Bruyance ressentie au point focal sur une échelle de 0 à 10 (Moyenne)

Bruit provenant du côté avec écran

3,7

Bruit provenant du côté sans écran

7,7

Evaluation de la perception sonore

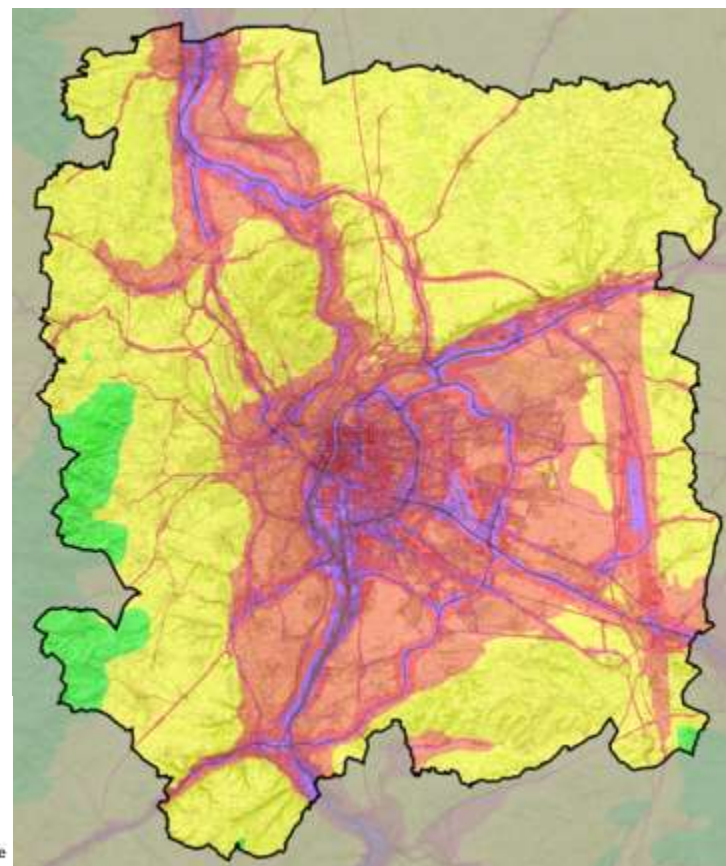
- Alimenter le diagnostic santé-environnement du PRSE
- Partenariat Cerema Centre-Est et Air Rhône Alpes avec le soutien de la DREAL-RA et de la Région Rhône-Alpes
- Plateforme de co-exposition air et bruit à l'échelle régionale
- un indicateur agrégé de co-exposition, maillage de 10 mètres
- faciliter des approches sanitaires grâce à une meilleure connaissance des zones de co-exposition et des points noirs environnementaux
- mise en ligne en mai 2016



Co-exposition Air-Bruit



		Zone	Très peu altérée	Peu altérée	Altérée	Dégradée	Très dégradée	Hautement dégradée
Qualité de l'air	NO ₂	Concentration dans l'air (µg/m ³)	NO ₂ ≤ 11	11 < NO ₂ ≤ 29	29 < NO ₂ ≤ 35	35 < NO ₂ ≤ 40	40 < NO ₂ ≤ 60	60 < NO ₂
	PM ₁₀	Nombre de jours de dépassement	PM ₁₀ ≤ 10	10 < PM ₁₀ ≤ 25	25 < PM ₁₀ ≤ 31	31 < PM ₁₀ ≤ 35	35 < PM ₁₀ ≤ 53	53 < PM ₁₀
Bruit	LDEN (equiv. Route)	Indice de multi-exposition (gère, MMedema)	LDEN ≤ 55	55 < LDEN ≤ 60	60 < LDEN ≤ 65	65 < LDEN ≤ 70	70 < LDEN ≤ 75	75 < LDEN
Co-exposition Air-Bruit			Moyenne					



Harmonica : des actions et un nouvel indice sensible

Programme LIFE, BruitParif, Acoucité

- Indicateur lié aux évènements
 - Élaboré pour s'affranchir des indicateurs classiques
 - Testé lors de plusieurs enquêtes
 - Noiseineu.eu
- [Base de données](#) d'actions de réduction du bruit



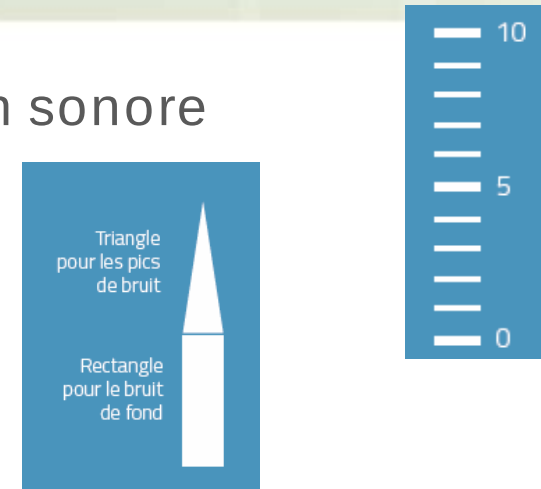
L'indice Harmonica : 4 informations en 1

1 note pour donner le niveau de pollution sonore

2 formes pour indiquer la contribution du bruit de fond et des pics de bruit

3 couleurs pour indiquer la situation par rapport aux valeurs de référence

4 pas de temps
heure, jour, nuit, 24h



acoucity

Couleur	Période diurne de 6 à 22h	Période nocturne de 22 à 6h
Dépassement des seuils reconnus comme critiques	8 ≤ indice	7 ≤ indice
Dépassement des objectifs de qualité mais respect des seuils reconnus comme critiques	4 ≤ indice < 8	3 ≤ indice < 7
Respect des objectifs de qualité	indice < 4	indice < 3



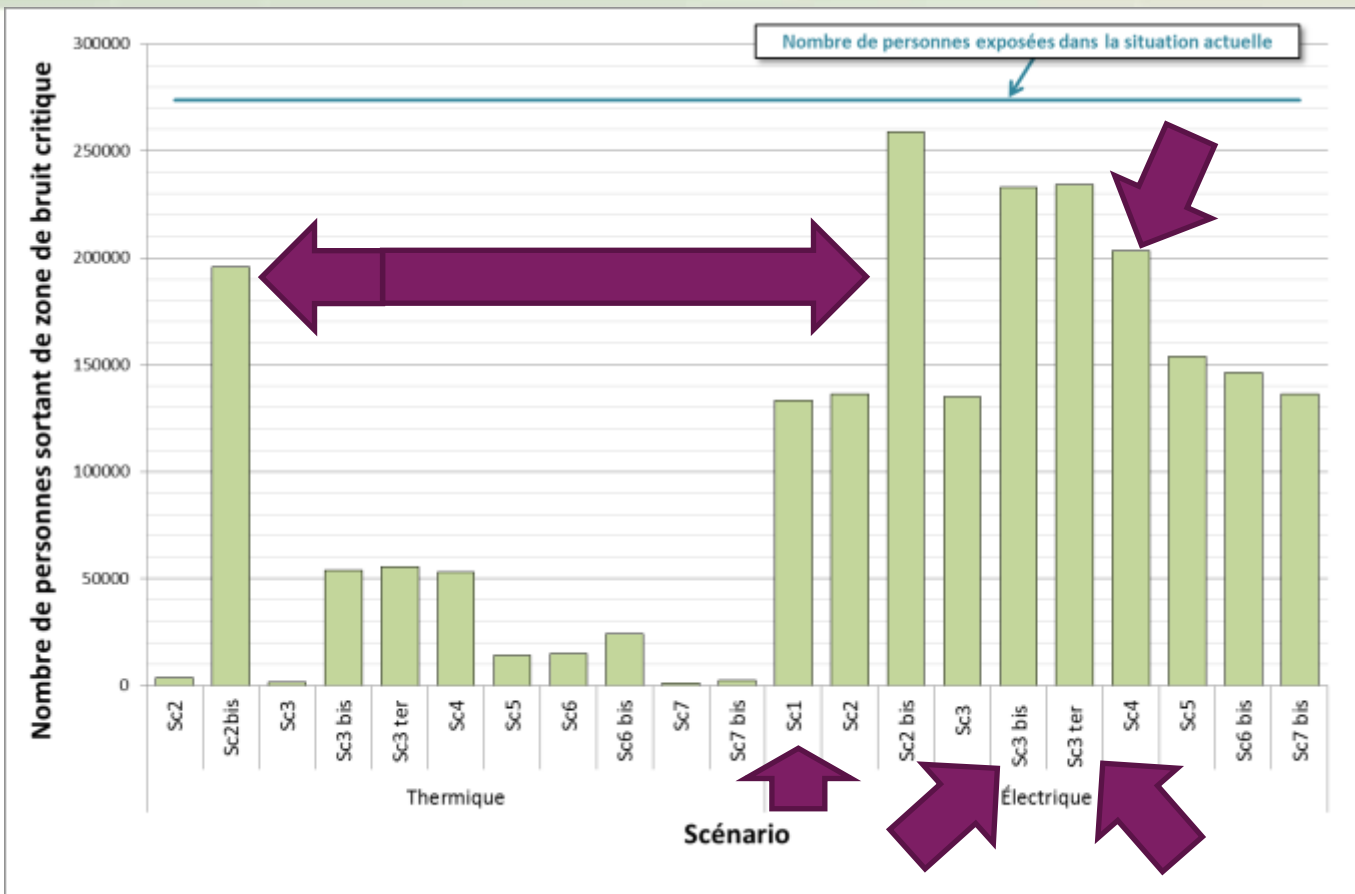
HOSANNA : nature en ville et bruit

- basé sur les formes urbaines et les écrans bas
 - améliorer le confort acoustique
 - favoriser une végétalisation urbaine
 - limiter les ilots de chaleur

<http://www.greener-cities.eu/>



Autres travaux : développer au niveau local des approches globales Partenariat Acoucité-Michelin



- **Sc2 bis:** Toutes les voies de circulation perdent 5dB(A)
- **Sc1:** Tous les véhicules deviennent électriques
- **Sc3 bis:** Les vitesses sont réduites à 30 km/h en ville
- **Sc3 ter:** Sc3 bis + Les vitesses sur voie rapide sont réduites
- **Sc4:** La puissance acoustique du bruit de roulement des VL est réduite de 3 dB(A)
- L'efficacité de SC3 bis et Sc3 ter sont très proches. La réduction de vitesses des voies rapides n'a pas un fort impact sur la diminution du nombre de personnes en zone de bruit critique

Motorisation tout électrique : impacte favorable

Prioritairement véhicules légers, tronçons urbains

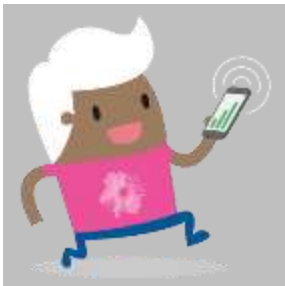
Voies rapides : 2.1% des tronçons calculés, 1.1% de la population : impact (ainsi que celui des poids lourds) très faible à l'échelle du territoire

Projet MONICA - définition



Call H2020-IOT
Focus Area Internet of Things
IoT Large-Scale Pilots

- **M**anagement **O**f **N**etworked **I**oT Wearables – Very Large Scale Demonstration of **C**ultural & Security **A**pplications
- Démonstration à grande échelle de technologies liées à l'internet des Objets
- Objectif : démontrer la faisabilité et l'apport. Participation citoyenne et appropriation du projet
- Programme de recherche européen H2020
- 15 Millions € de financement
- 3 Ans
 - 1.1.2017 – 31.12.2019



Source : Projet Monica

Projet MONICA – mise en œuvre

- 29 partenaires , 6 villes, 11 évènements pilotes



Turin



Hambourg



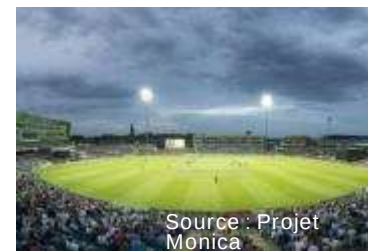
Bonn



Lyon



Copenhague



Leeds

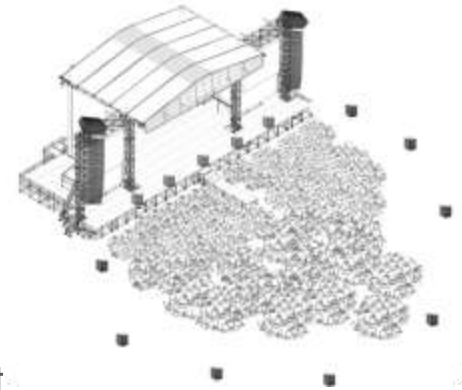
Projet MONICA – mise en œuvre

- Plate-forme MONICA



Projet MONICA – lien avec l'acoustique

- Enjeux
 - Exposition des spectateurs/artistes
 - Exposition des riverains
 - Qualité sonore
 - Information et retour des spectateurs
 - Respect des seuils réglementaires
 - Zones de repos et d'échanges (services de sécurité, santé...)
 - Liens avec la sécurité/santé (détection/localisation sonore des incidents...)
- Technologies liées à l'environnement sonore
 - Carte de bruit en temps réel (sound heat map)
 - Enquête de perception/satisfaction via app
 - ASFC, contrôle adaptatif de champ sonore
 - Douches silencieuses
 - Information riverain/spectateur du niveau de bruit



Source : Projet Monica

Nuits Sonores



- 24-28 mai 2017
- Site pilote
- Situation sonore initiale
- Les objets connectés pour un suivi de

Objectif du l'évaluation

- Exposition riverains/public
- Qualité sonore
 - Contrôle de l'accès
 - Personnes perdues
 - Incidents de santé

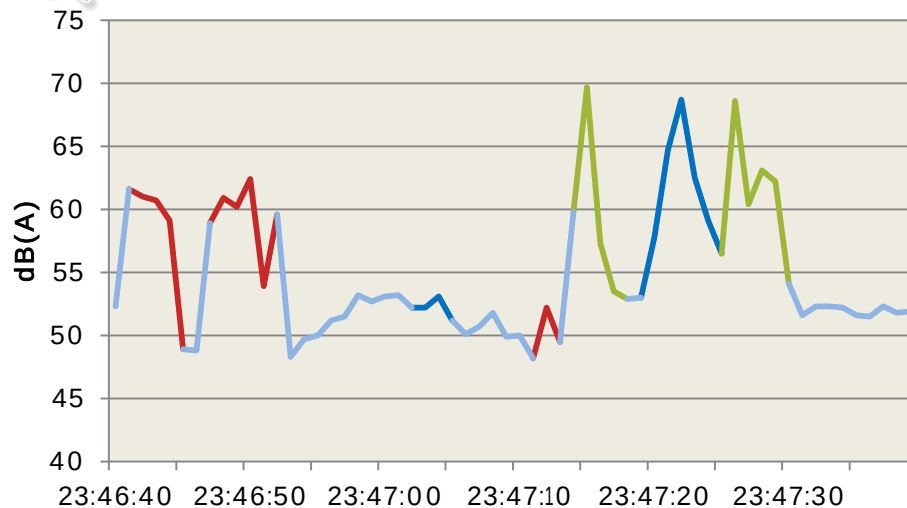


Nuits Sonores

- Identification des sources sonores (codage)

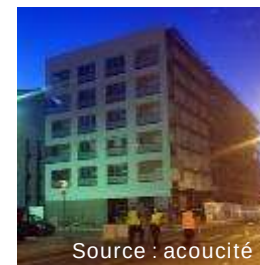
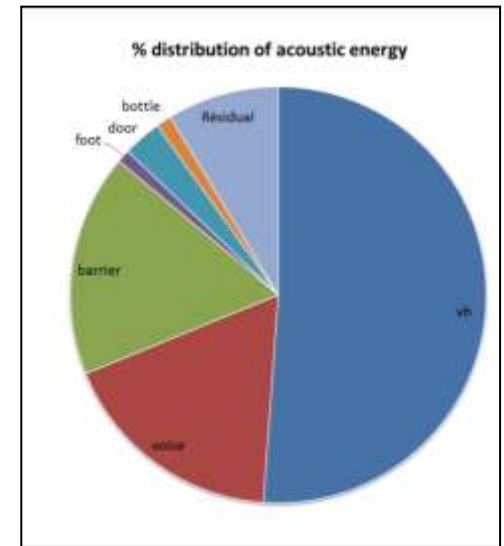


Artillerie/Raclet - 23h46



Evolution temporelle du niveau sonore mesuré

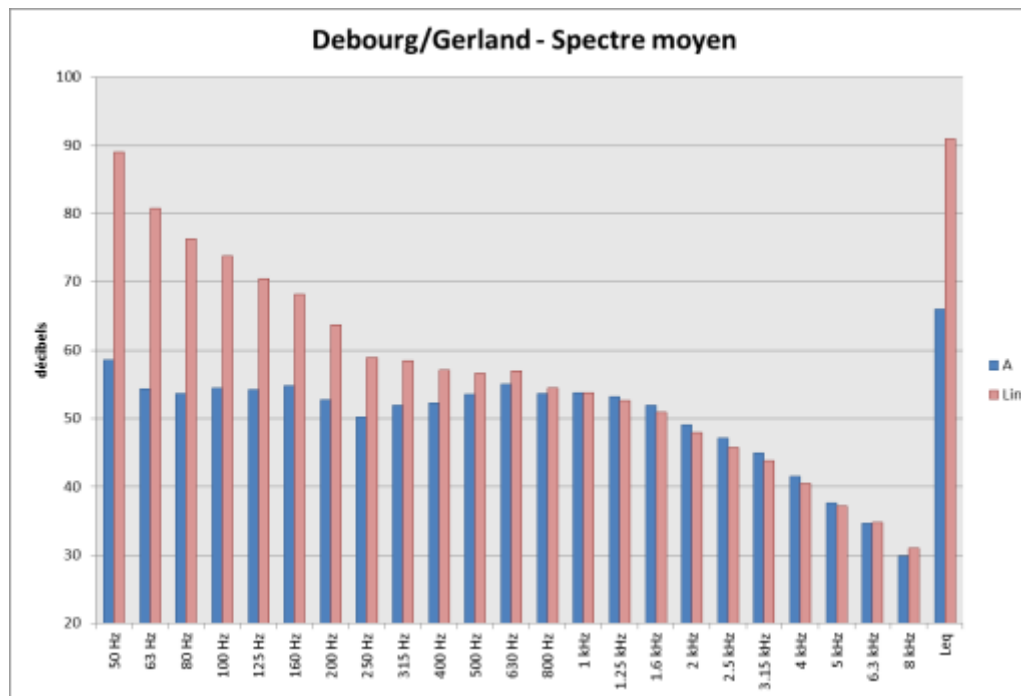
— voix
— vl
— barrière
— résiduel



Source : acoucité

Nuits Sonores

- Qualité sonore dans les espaces de détente
- Basses fréquences à l'extérieur du site



Merci pour votre attention

www.acoucité.org

Références bibliographiques et notes

- Cerema, CSTB, ENTPE, IFSTTAR. 555
- Vincent B., Fradet F. et collectif. *Développement d'un réseau permanent de mesure des bruits de l'environnement à l'échelle des agglomérations*. Guide opérationnel version 2. Publié avec le soutien de l'Ademe et du MEEDDEM, Lyon, mars 2009
- Mats E. Nilsson, and coll. *A soundwalk study on the relationship between soundscape and overall quality of urban outdoor places*. Conference paper (acoustic 2012- Hong Kong) in The journal of the acoustical society of America. April 2012.
- Faburel G. et Gourlot N. *Référentiel national pour la définition et la création des zones calmes*. Rapport final, Université de Paris XII Créteil, pour la mission Bruit du MEEDAT, mai 2008, 207 p.
- Acoucité, collectif, *Étude sur les zones calmes en lien avec la directive 2002/42/CE relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement*. Lyon, 2006.
- Vallet J., Vincent B., Fradet F. *Quiet areas management in greater Lyon: from local consultation meeting to agglomeration policy*. Internoise, Lisbon, Portugal, 2010
- Vincent B., Lambert J. *Complementarity between noise monitoring, noise mapping, noise recording and perception survey*. International journey of mobility acoustics, 28-28 august 2008, Escola politecnica, Sao Paulo, Brasil.
- Vincent B., Gissinger V., Vallet J., Mietlicky F., Champelovier P., Anselme C. *How to characterize environmental noise closer to people's expectations*. Internoise, Innsbruck, Austria, 2013.

- « La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. »

Préambule à la Constitution de l'Organisation mondiale de la Santé, Conférence internationale sur la Santé, New York, 19-22 juin 1946; signé le 22 juillet 1946; (Actes officiels de l'Organisation mondiale de la Santé, n°. 2, p. 100) et entré en vigueur le 7 avril 1948.

- Agence Européenne de l'Environnement, Noise in Europe 2014. EEA Report No 10/2014
http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=health%20effect%20of%20noise
- Olmy X., Vincent B., Carra S., Miège B., Vittoz T., Reydellet F., Vallet J. *From regional "strategic" maps to microscopic scale models: multi-scales approaches to improve the assessment exposure to pollutants associated with transportation*.
- <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/empirisme/28947> Empirisme :
Théorie philosophique selon laquelle la connaissance que nous avons des choses dérive de l'expérience
Méthode reposant exclusivement sur l'expérience, sur les données et excluant les systèmes a priori.
Manière de se comporter en tenant compte surtout des circonstances et sans principes arrêtés ; pragmatisme.

Index des sigles

- **ZAC** Zone d'Aménagement concerté
- **PDU** Plan de Déplacement Urbain
- **PLU** Plan Local d'Urbanisme
- **SCoT** Schémas de Cohérence du Territoire
- **AVAP** Aire de Valorisation de l'Architecture et du Patrimoine
- **ZPPAUP** Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager