

Bruit et santé

Parc éolien de Bavois

Dr. Xavier Falourd, PRONA SA

Prof. Dominique Bollinger, HEIG-VD

Bavois, 18 septembre 2018



Dr. X. Falourd

Dr. Sc. EPFL, Acoustics



Prof. D. Bollinger

Ing. EPFL - Environment

Metrology – Acoustic modeling- Sound synthesis

Evaluation of TES efficiency – before vs after - ADEV 2017

Wind Turbine Noise at emission and immission points, OFEV 2014-2015

Wind Turbine Noise and Background Noise, SIL – DGE-VD 2014 – 2015

Communication - Sound synthesis – Acoustic modeling

Wind Turbine Noise Template (outdoor public exhib.), 2016, SIL

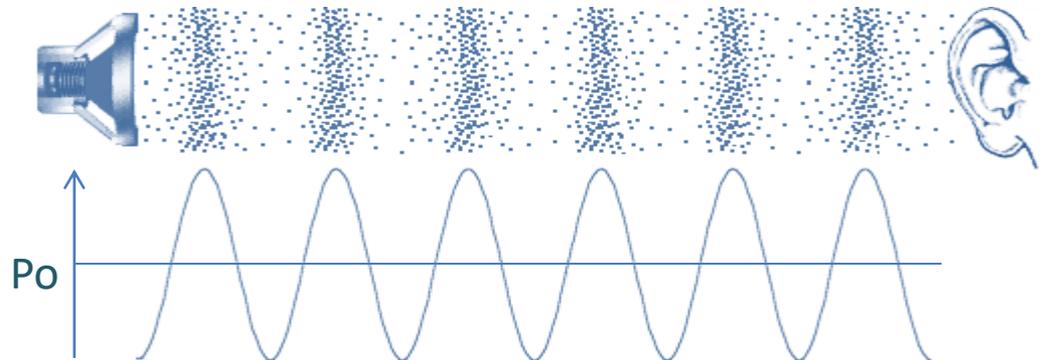
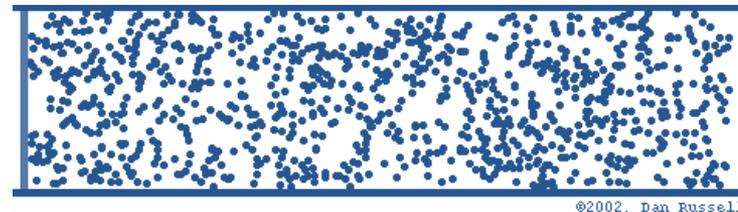
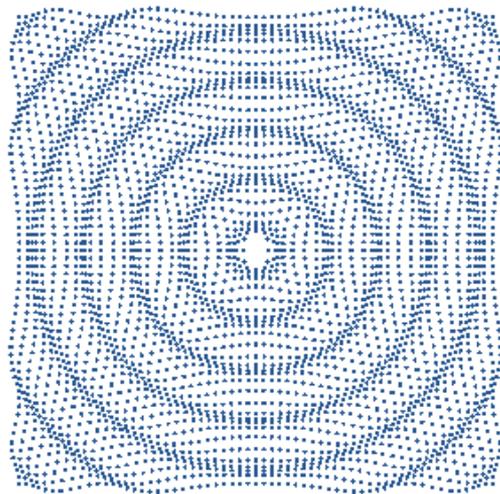
Wind Turbine Noise Template (principle & design), 2015, SIL

Publications : Wind Turbine Noise 2015, 2017, 2019 (en cours)

Le son est produit par une **ondulation du milieu de propagation**

- une modification locale de la pression
- un mouvement vibratoire du milieu (gaz, liquide, solide)
- un déplacement des particules de proche en proche

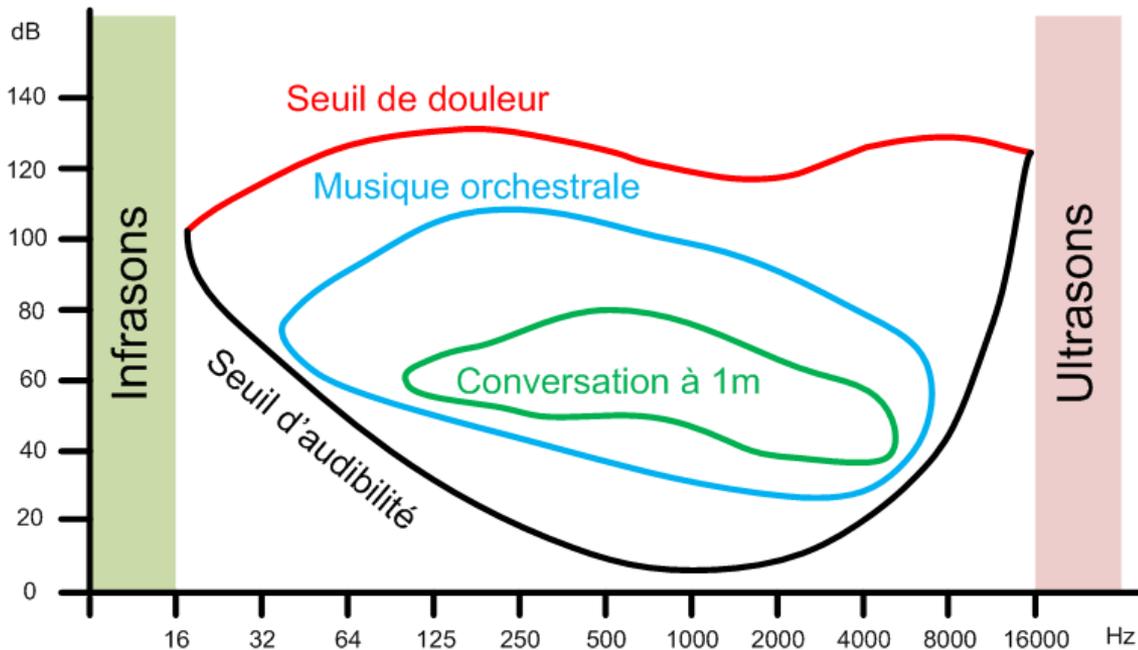
La perturbation acoustique se compose d'une compression et d'une dilatation du milieu. Après le passage de la perturbation, le milieu retrouve son état d'équilibre.



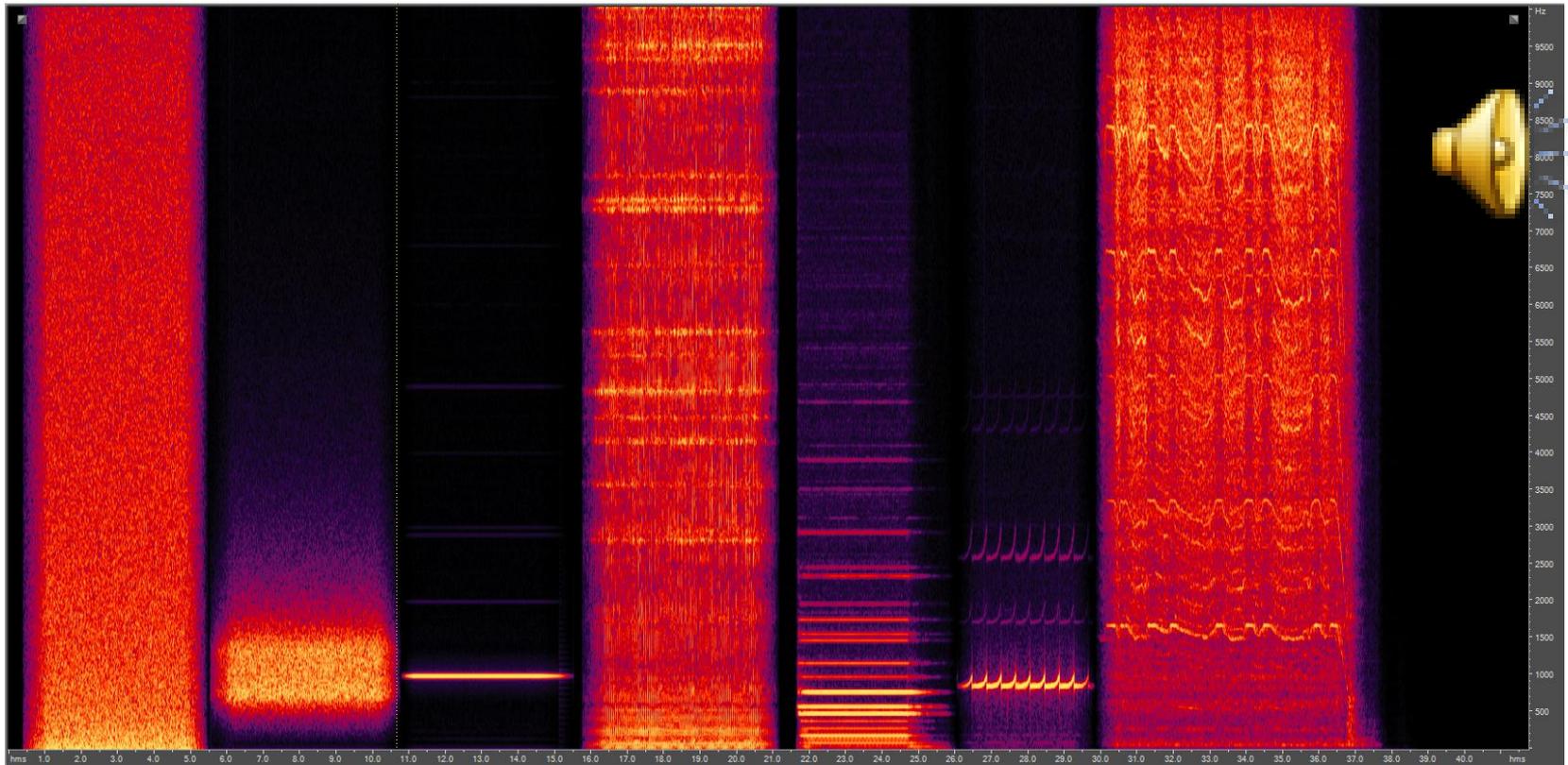
- Limites de l'audition
 - seuil d'audibilité :
 $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ (ie 20microPa) ➔ 0 dB
 - seuil de douleur :
 100 Pa (ie 100'000'000 mPa) ➔ 134 dB
 - Pression atmosphérique normale 101 325 Pa
- Perception
 - La plus petite variation détectable par l'oreille est de 1 dB
 - La sensation varie avec le logarithme de l'intensité de la source sonore
- Le niveau en décibels est donné au mieux avec une précision de 0,1 dB. Classiquement les appareils de mesure livrent une information à +/- 0,2 dB.
- **60 dB + 60 dB = 63 dB (~~120 dB~~)**

dB(A)	Exemples	
170	Fusil d'assaut	
160	Pistolet	
150	Pistolet de scellement	
140	Banc d'essai de réacteurs	
130	Seuil de la douleur	
120	Foreuse pneumatique	
110	Tronçonneuse à chaîne	
100	Discothèque	
90	Fraiseuse	
80	Circulation routière	
70	Conversation	
60	Bureau	
50	Salle de séjour	
40	Salle de lecture	
30	Chambre	
20	Studio de radio	
10	Seuil de l'audition	
0		

- L'oreille humaine est sensible aux fréquences comprises entre 20 Hz et 20000 Hz
- L'oreille humaine est moins sensible aux fréquences basses et élevées qu'aux fréquences moyennes
- 3 pondérations principales A, B et C selon les niveaux sonores
- En pratique, on utilise le plus souvent la pondération A



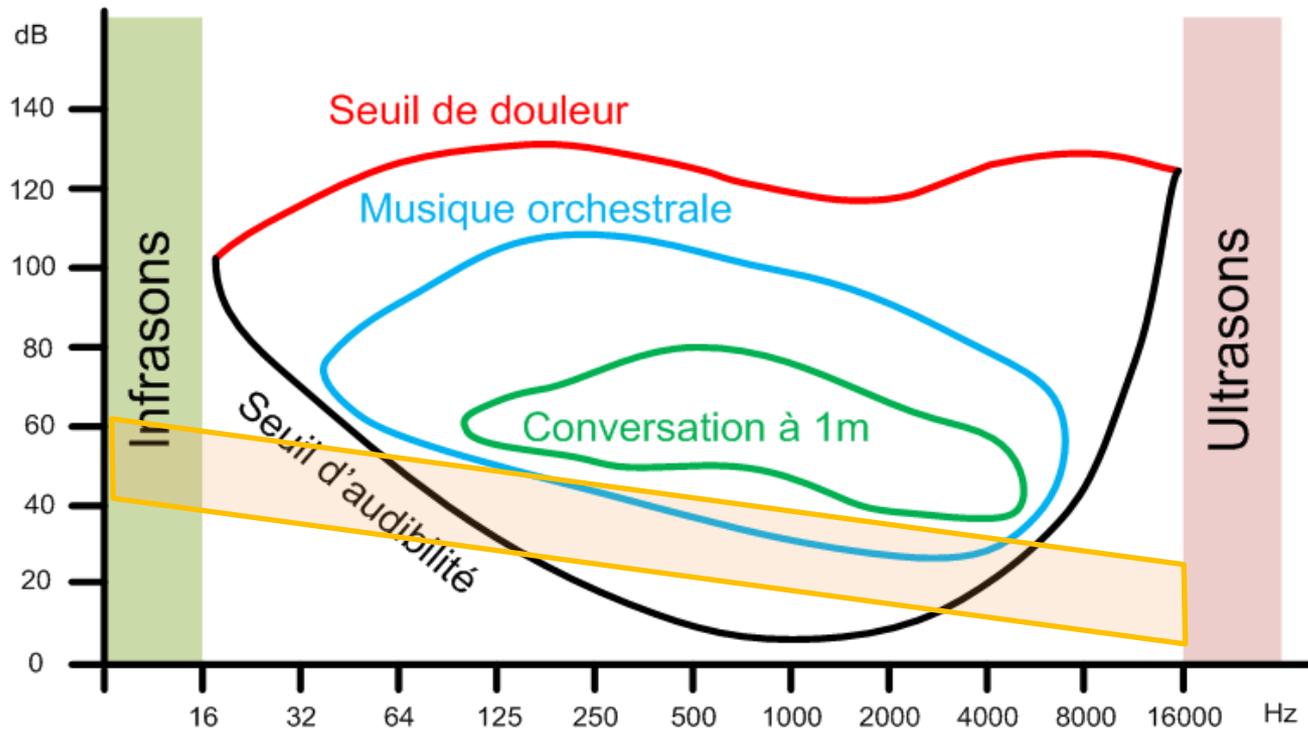
dB(A)	Exemples
170	Fusil d'assaut
160	Pistolet
150	Pistolet de scellement
140	Banc d'essai de réacteurs
130	Seuil de la douleur
120	Foreuse pneumatique
110	Tronçonneuse à chaîne
100	Discothèque
90	Fraiseuse
80	Circulation routière
70	Conversation
60	Bureau
50	Salle de séjour
40	Salle de lecture
30	Chambre
20	Studio de radio
10	Seuil de l'audition
0	



7 bruits aux niveaux sonores en dB(A) identiques!

Bruit rose, bruit en bande d'octave, son sinusoïdal, Marteau piqueur, orgue, signal d'alarme, fraise de dentiste

Source SUVA



Niveaux sonores du bruit éolien

Distance (m)	Leq (dBA)
100	54
200	48
300	44
400	41
500	39
1000	32
1500	28





Bases réglementaires utilisées par la DGE

- Exigences fédérales :
 - Loi sur la protection de l'environnement
 - Ordonnance sur la protection du bruit
 - Rapport Empa
- Exigences cantonales
 - Directives cantonales pour l'installation d'éoliennes de hauteur totale supérieure à 30 m.
- Exigences Tribunal cantonal (CDAP) :
 - Arrêt du 2 mars 2015 relatif au PAC éoliennes de Sainte-Croix





Traitement du bruit dans les projets éoliens (1)

- Exigences de bases :
 - le site doit appartenir à la planification cantonale
 - attribution des degrés de sensibilité pour le voisinage
 - respect des valeurs de planification définies dans l'annexe 6 (même si les nuisances proviennent de 2 parcs éoliens différents)
 - détermination des niveaux d'évaluation à partir des L_{éq} par classe de vent et correction temporelle
 - $K1 = 5$, $K2 = 0$ et $K3 = 4$
 - description des mesures préventives de réduction des émissions



Traitement du bruit dans les projets éoliens (2)

- Dans les déterminations cantonales, la DGE :
 - analyse la vraisemblance des résultats avec un modèle simplifié
 - détermine les puissances acoustiques moyennes annuelles diurne et nocturne (permet de s'affranchir des caractéristiques d'un type d'éolienne et des vitesses de vent prévisionnelles)

Classe de vitesse	Lwa	% jour	% nuit
< 3	-	22.4	15.1
4	89.6	12.0	8.5
5	94.0	10.1	8.2
6	97.7	9.3	9.2
7	100.6	7.2	7.9
8	102.7	7.4	8.4
9	104.1	5.9	7.5
10	104.8	5.7	7.5
> 10	105.0	20.0	27.7
		100%	100%
LwA moy		101.0	102.1



Traitement du bruit dans les projets éoliens (3)

- demande qu'un suivi des émissions et/ou des immissions sonores soit effectué
- demande qu'une estimation des pertes de production électrique et financières soit faite dans l'hypothèse d'un plan de bridage, en vue d'une pesée des intérêts
- infrasons : sur la base des résultats des dernières revues de la littérature scientifique, pas de demande spécifique concernant ce domaine

Health effects related to wind turbine sound

Frits van den Berg
Public Health Service Amsterdam
Amsterdam, the Netherlands

Irene van Kamp
National Institute for Public Health and the Environment
Bilthoven, the Netherlands

Commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN)

2017



Bilan de l'ANSES – expertise internationale

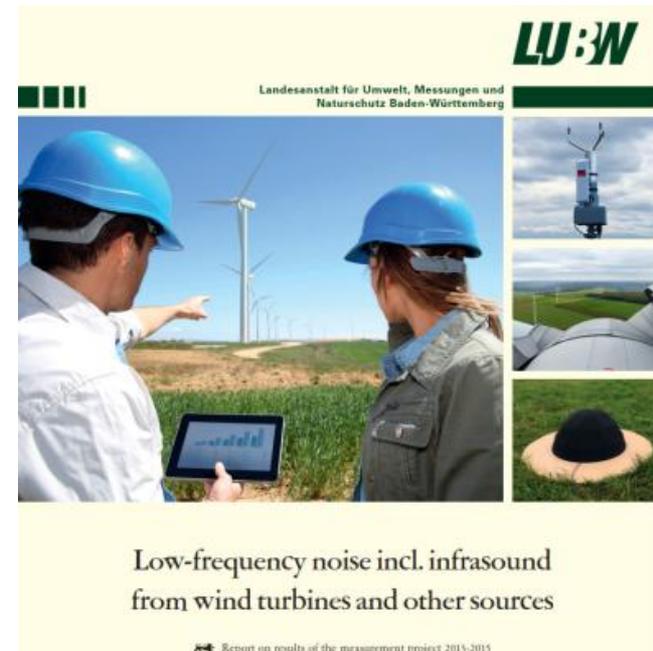
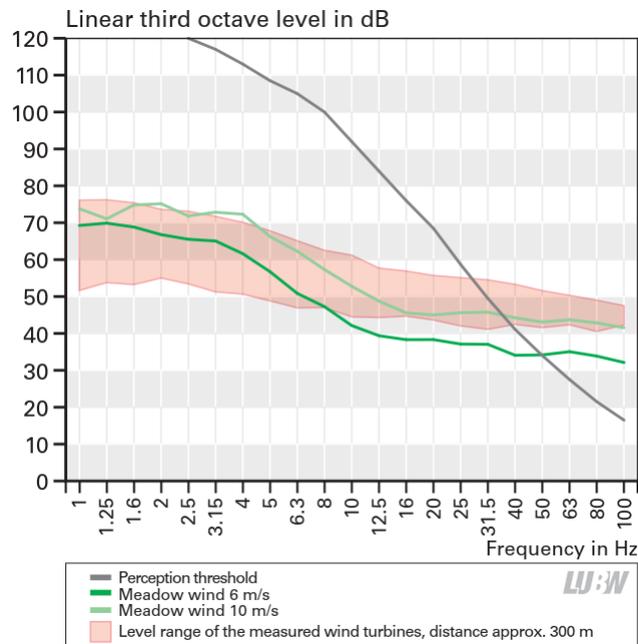
(Agence (française) nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail)

- Confirmation que les éoliennes sont sources d'infrasons et basses fréquences
- Aucun dépassement des seuils d'audibilité jusqu'à 50 Hz n'a été constaté
- Pas de mise en évidence d'effets sanitaires liés à l'exposition au bruit des éoliennes

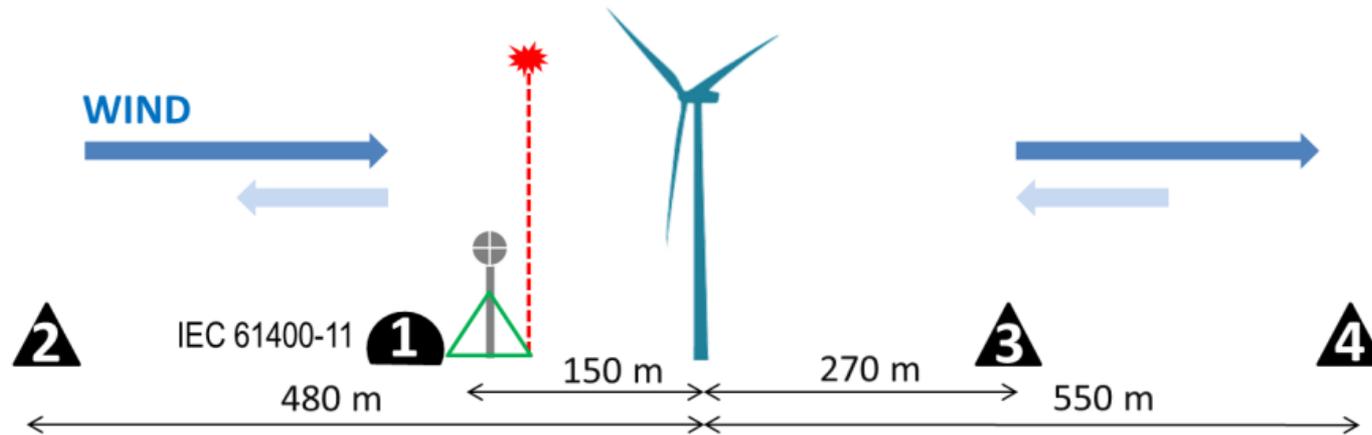
Recommandations:

- Renforcer l'information
- Renforcer la surveillance de l'exposition aux bruits
- Poursuivre recherche «santé / exposition infrasons et basses fréquences» (étude épidémiologique)

Basses fréquences et infrasons plage de 1 Hz à 100 Hz



Conception d'un dispositif de mesurage du bruit à l'émission



Instrumentation	Parameters	Integration Time	SYNCHRONISATION (RT or Post)
Sound Level Meters DUO 01dB	▲ ● Laeq, Leq 1/3 rd Octave	0,125 s	
Weather Transmitter Vaisala WXT520	⊕ Wind, T, P, H @ 10 m	0,125 s	
LIDAR Zephir 3000	★ Wind Profile (10 points), Wind, T, P, H @ 1m	Approx. 20 s	
Microphone array Tetrahedra – PRONA (home made)	▲ Audio recordings	20s / min - Continuous	
WT - SCADA	RPM, Wind parameters, Power	10 min	



Sonomètres professionnels

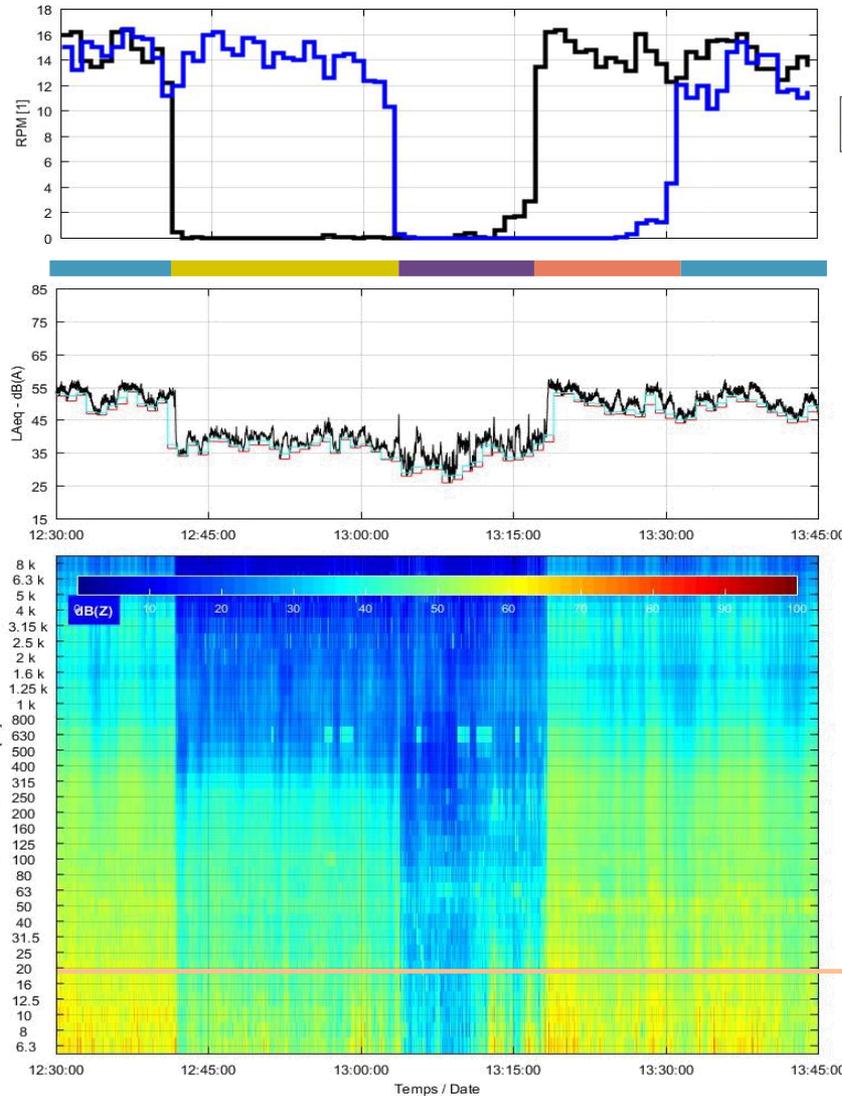
Certifiés METAS

Calibrés

Mesure intégrée de 6,3Hz à 20kHz

Mesure et enregistrement en temps réel de 0,1Hz à 20kHz

Mesurage au point IEC WEA 1
 Contraste sur tout le spectre

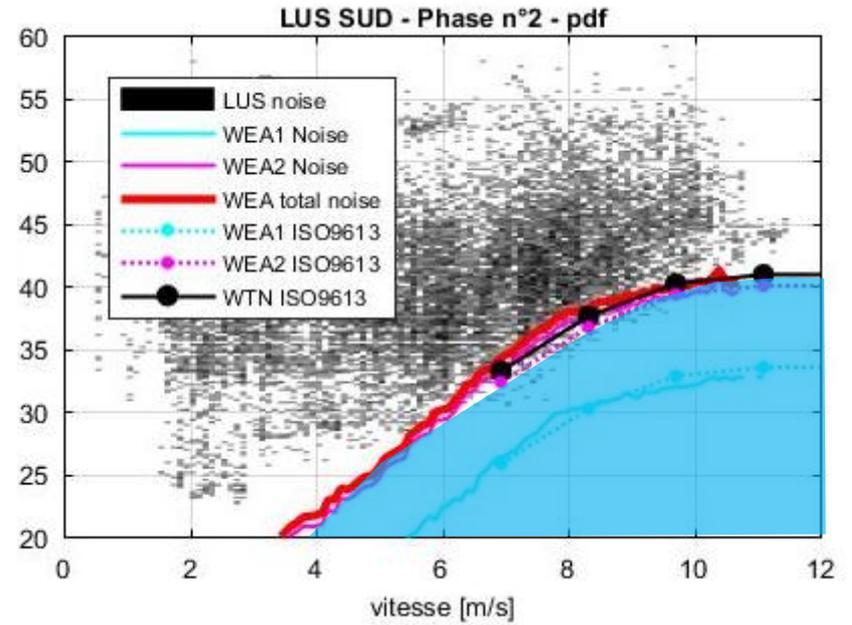
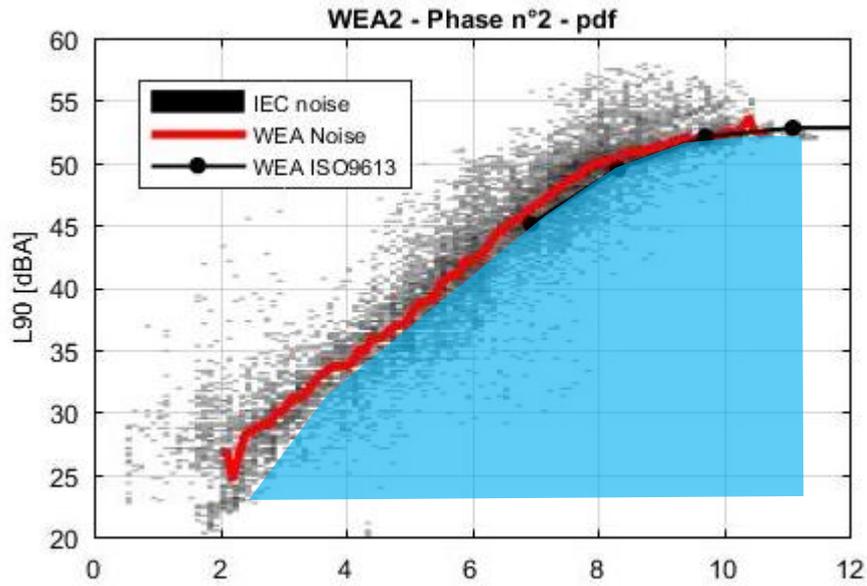


WT West & WT Ost
 WT Ost
 Umgebungsärm
 WT West
 WT West & WT Ost

↑
 Frequenz / Fréquence

Domaine audible
 20 Hz à 8 kHz

Infrason

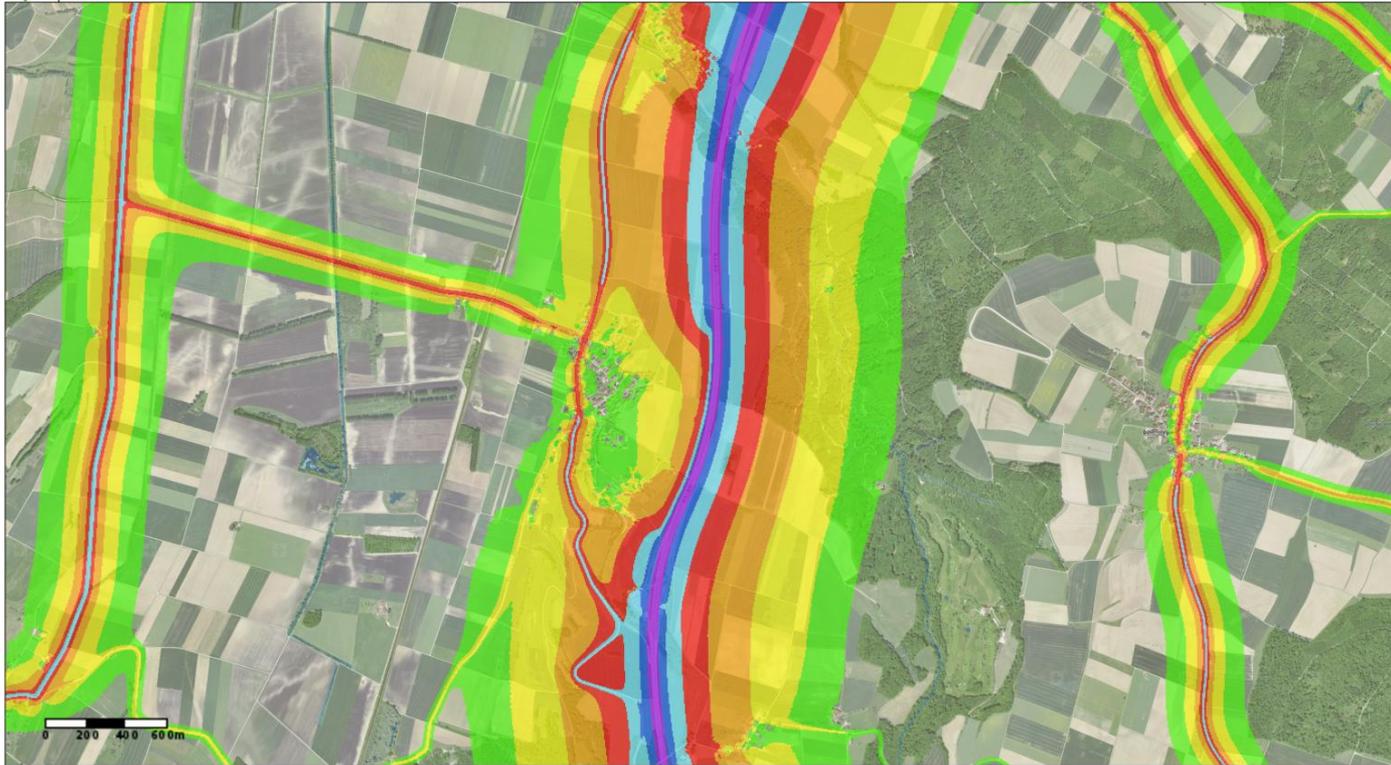


IEC61400-11:2012
 Environ 120 m



Environ 500 m

P18072-Cadastre Bruit Bavois



Informations dépourvues de foi publique, © Etat de Vaud, géodonnées © Swisstopo 5704004385.

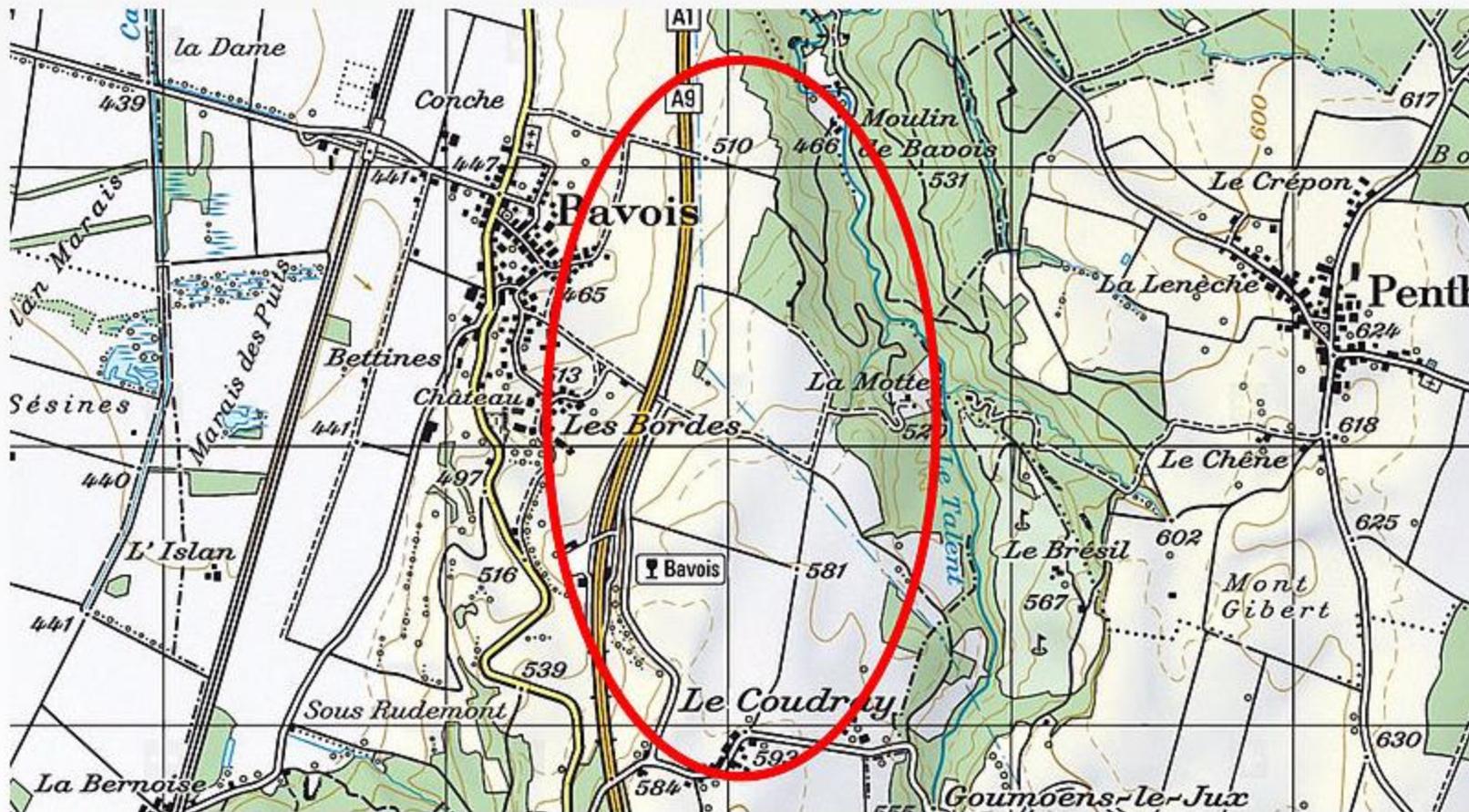
Cadastre bruit routier jour 2010

- > 75 dB(A)
- 70-75 dB(A)
- 65-70 dB(A)
- 60-65 dB(A)
- 55-60 dB(A)
- 50-55 dB(A)
- 45-50 dB(A)
- < 45 dB(A)

1:25'000

18 septembre 2018

Le périmètre du parc éolien de Bavois



Source: www.geo.admin.ch