

Méthodes d'évaluation du bruit des éoliennes

Mesurages et modélisation
sur un site éolien existant

Société Suisse d'Acoustique SSA

Journée de printemps - 24 mai 2018



Table des matières

1. Introduction et objectifs
2. Résultats des mesurages
 - Analyse globale
 - Analyse audio et analyse bande fine
 - Modulation d'amplitude
3. Résultats de la modélisation
4. Comparaison mesurages/modélisation
5. Proposition de méthode de mesurages

Introduction

- Spécificités du bruit des éoliennes :
 - Incertitudes sur les émissions sonores
 - Effets météorologiques (vitesse et direction du vent)
 - Incertitudes sur la propagation du bruit sur de longues distances
 - Basses fréquences
 - Modulation d'amplitude
 - ...
- Méthode de calcul définie selon les recommandations de l'OFEV (directive EMPA)
- Méthode de mesurages pas définie au niveau Suisse
- Incertitudes élevées sur les résultats

Objectifs

Comparer sur un parc éolien en exploitation les niveaux sonores du bruit des éoliennes entre les résultats obtenus par modélisation et ceux obtenus par mesurages in-situ

Analyse détaillée des mesurages pour déterminer l'influence du bruit de fond et les spécificités du bruit des éoliennes (fréquence particulière, modulation d'amplitude)

Mandat OFEN n°SI/501150-01 : www.aramis.admin.ch

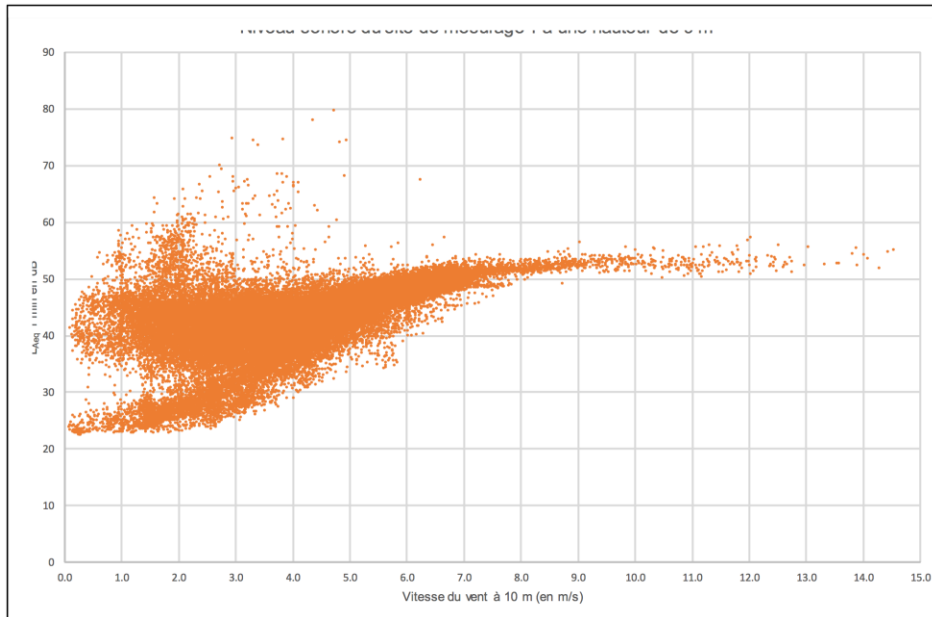
Méthode de mesurages

- Méthode de mesurages spécifique au bruit des éoliennes :
 - Appareillage :
 - Microphone et protection anti-vent
 - Système d'acquisition autonome de longue durée
 - Prise en compte des conditions météorologiques
 - Choix d'un site (parc éolien en activité) et des emplacements de mesurages
 - Méthode «simple» devant permettre aux autorités ou aux bureaux d'ingénieurs d'effectuer des contrôles avec des appareils «standard»

Paramètres de mesurages

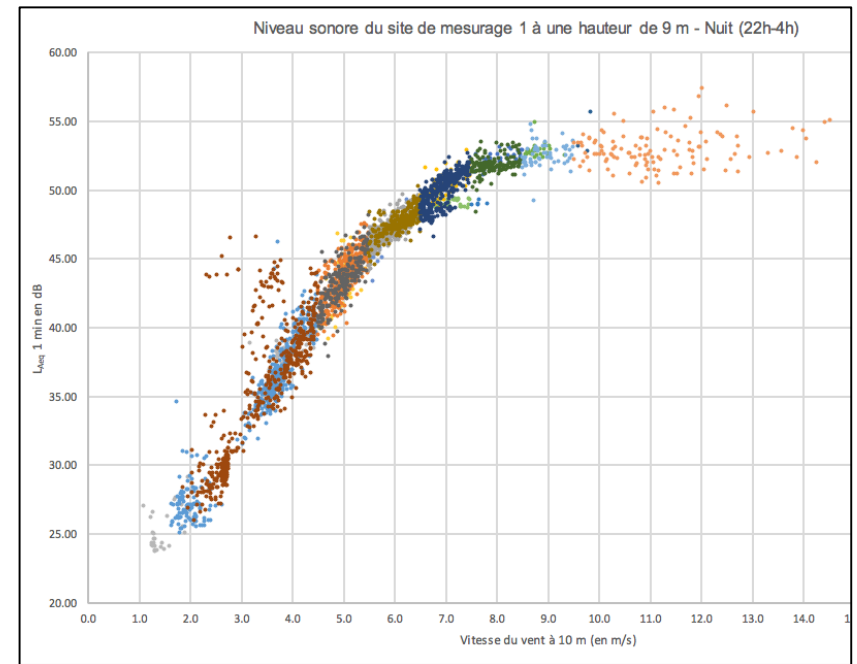
- 2 emplacements situés à 200 mètres de part et d'autre de l'éolienne dans la direction des vents dominants
- Analyse de spectres en 1/3 d'octave sur les 2 sites
- Enregistrement audio sur 1 des 2 sites
- Vitesses et direction du vent sur 1 des 2 sites
- Données de fonctionnement de l'éolienne par intervalle de 1 min (vitesses et direction du vent, puissance)
- Durée de la campagne de mesurage : 1 mois du 12 mai au 12 juin 2015

Résultats des mesurages

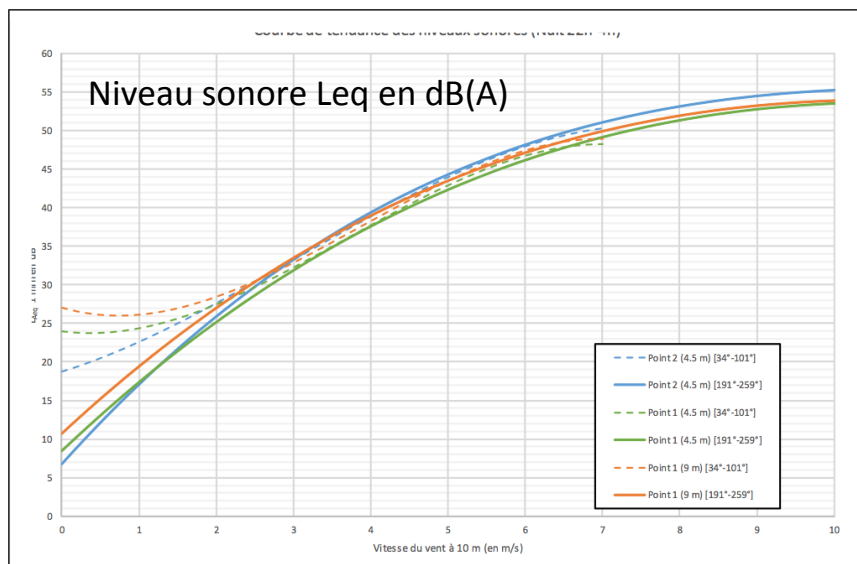


Graphique 23 : Niveau sonore du point 1 (9m) – L_{Aeq} 1 min

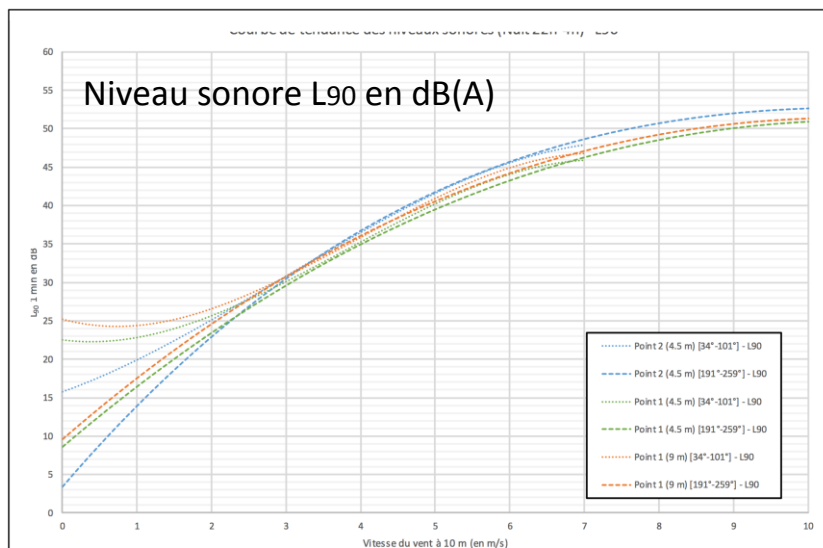
- Suppression des bruits perturbateurs
 - Météo défavorable : pluie, rafale de vent
 - Activités humaines et agricoles : tracteur, cloche des vaches
 - Bruit «naturel» : chant d'oiseau ...
- Validation des données :
 - Comparaison entre les différents micros
 - Comparaison avec les données des éoliennes (vitesse et direction du vent)
 - Ecoute des enregistrements audio
- Mesurages retenus : entre 22h00 et 04h00



Résultats des mesurages après suppression des bruits perturbateurs (Leq et L90 en dB(A))



Graphique 33 : Courbe de tendance polynomiale d'ordre 3



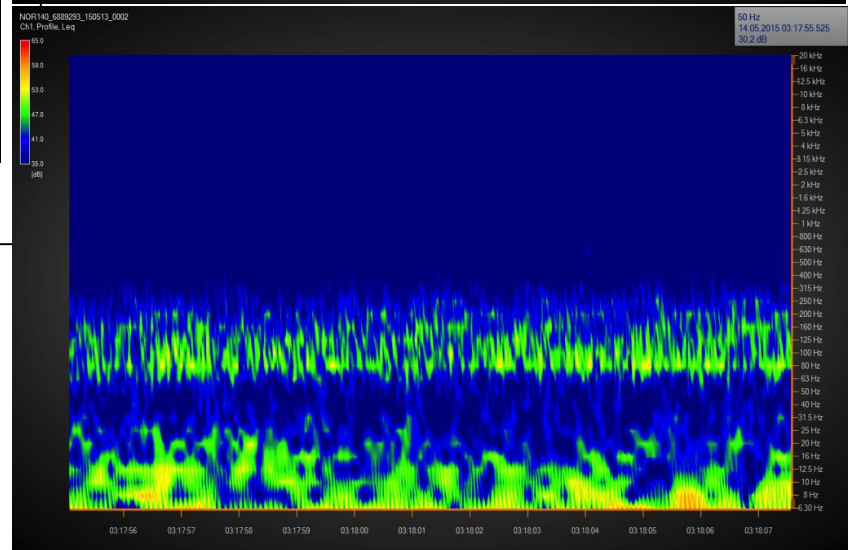
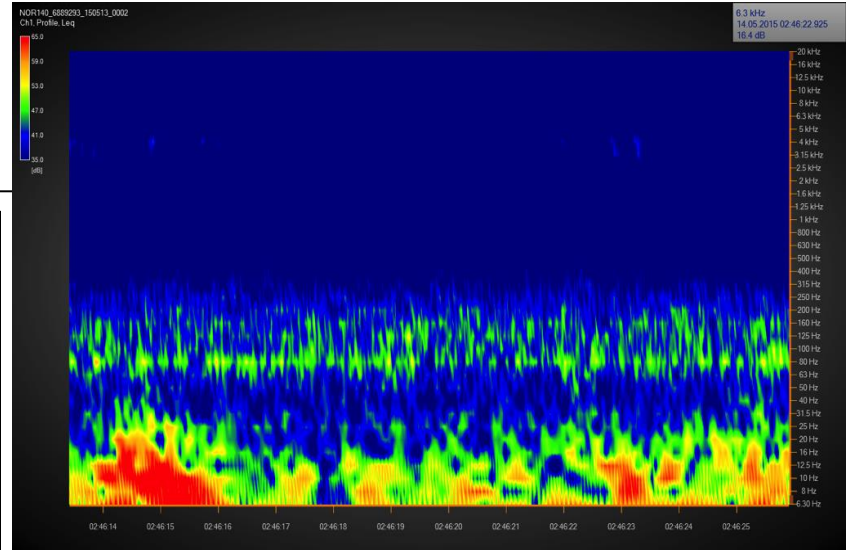
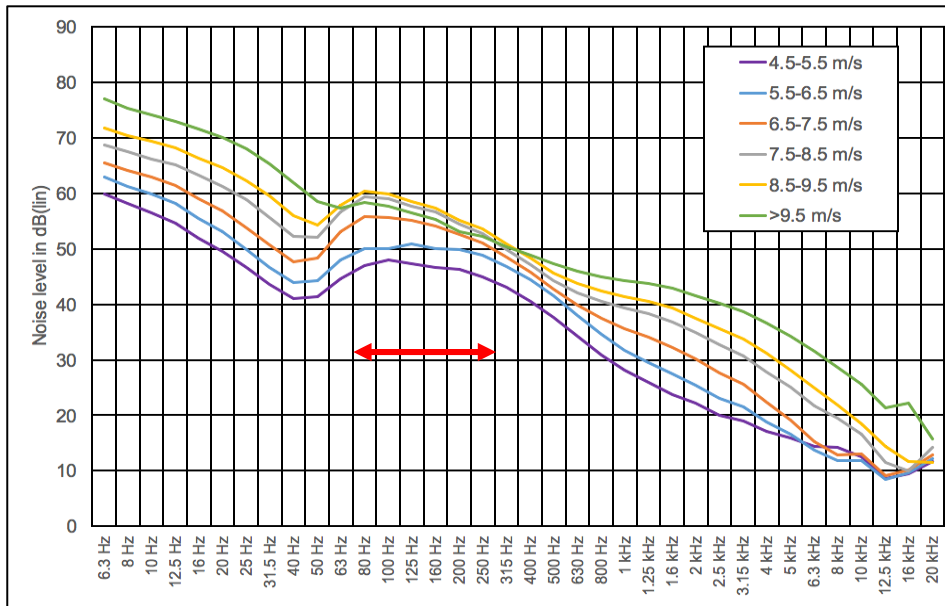
Graphique 40 : Courbe de tendance polynomiale d'ordre 3

Par rapport aux lieux choisis pour les mesurages, le bruit mesuré ne dépend pas de la direction du vent.

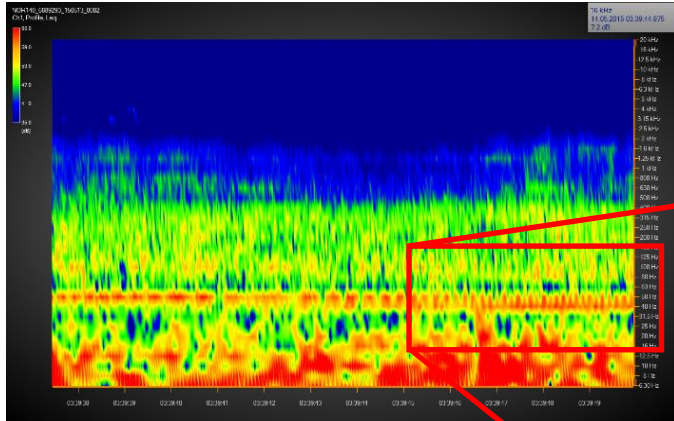
La différence entre L_{Aeq} et L_{90} se situe entre 2 et 3 dB (A)

Analyse spectrale et en bandes fines

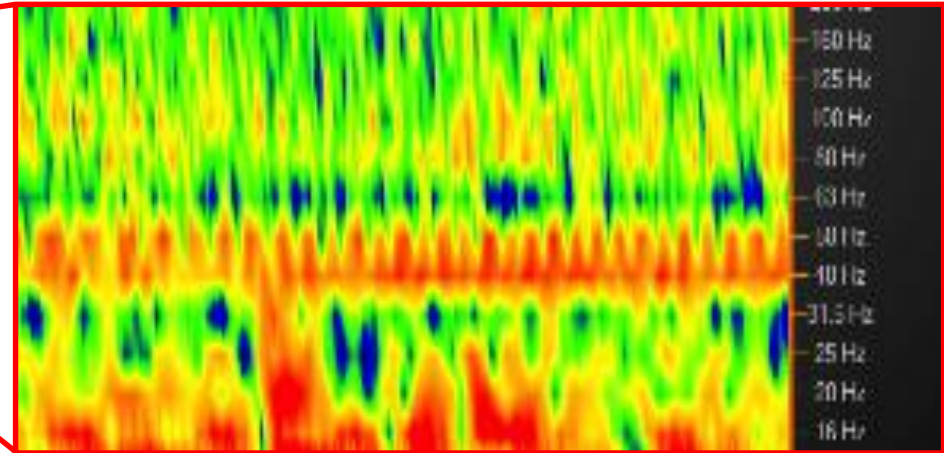
Emergence entre 63 Hz – 250 Hz



Analyse spectrale et en bandes fines



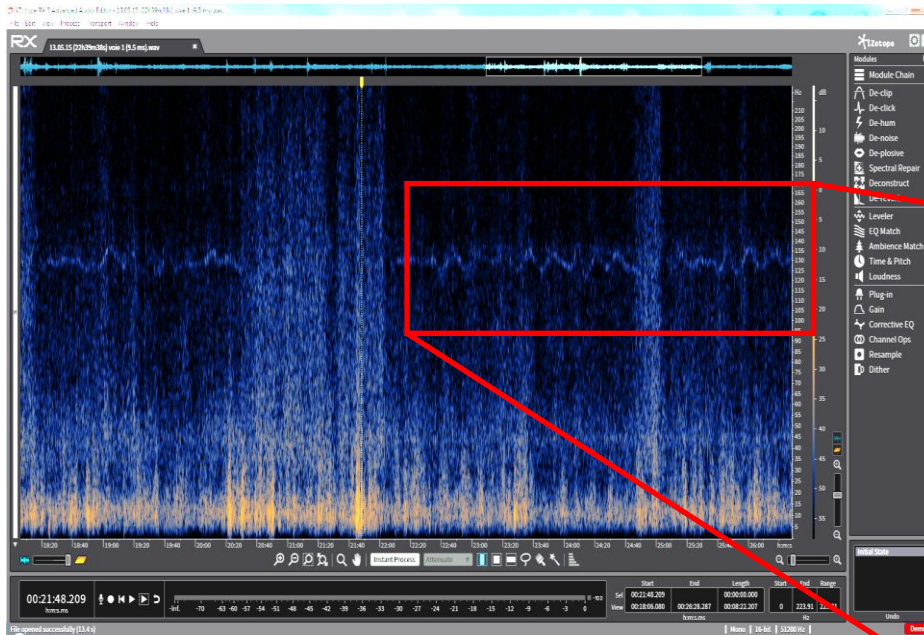
Modulation d'amplitude
(40 Hz – 50 Hz)



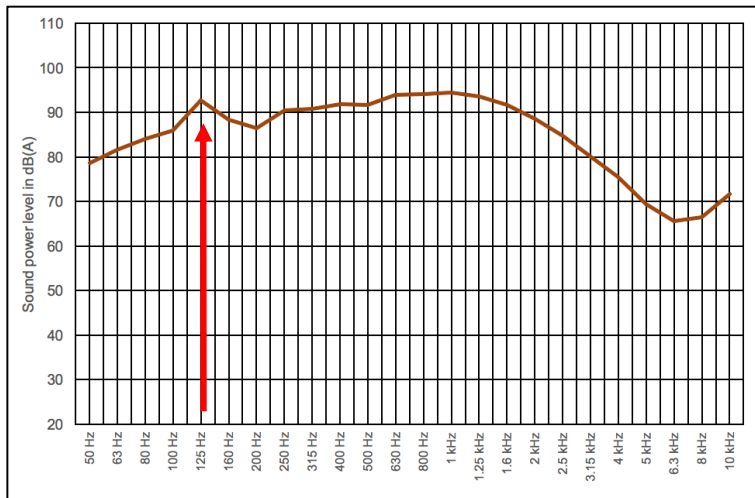
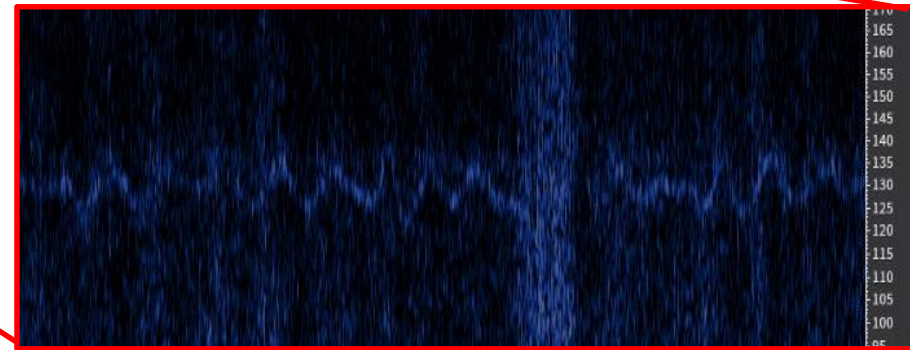
Caractéristiques de la modulation d'amplitude :

- Variation entre 40 Hz et 50 Hz
- Amplitude d'env. 10 dB
- Vitesse du vent entre 5 et 6 m/s (éolienne fonctionnant à puissance réduite)

Analyse spectrale et en bandes fines



Modulation amplitude
(125 Hz -135 Hz)

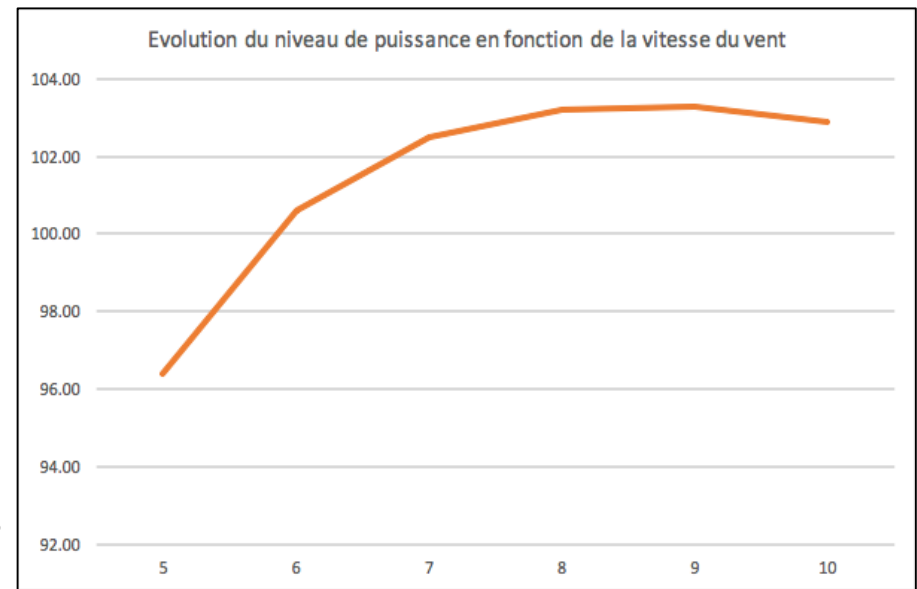
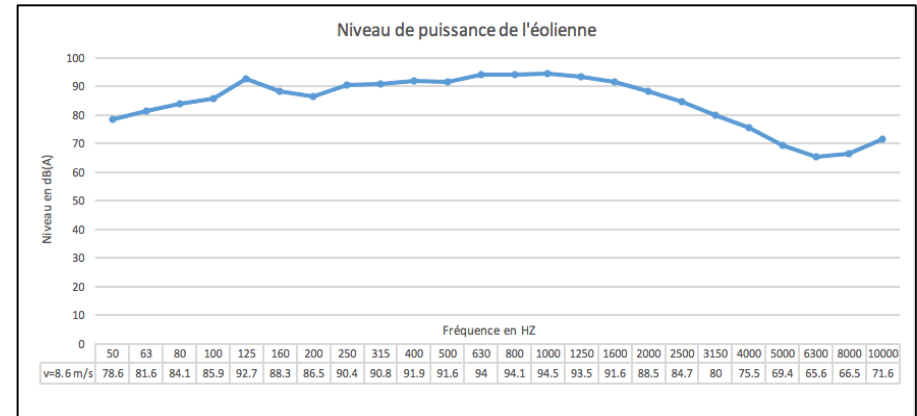


Caractéristiques de la modulation d'amplitude :

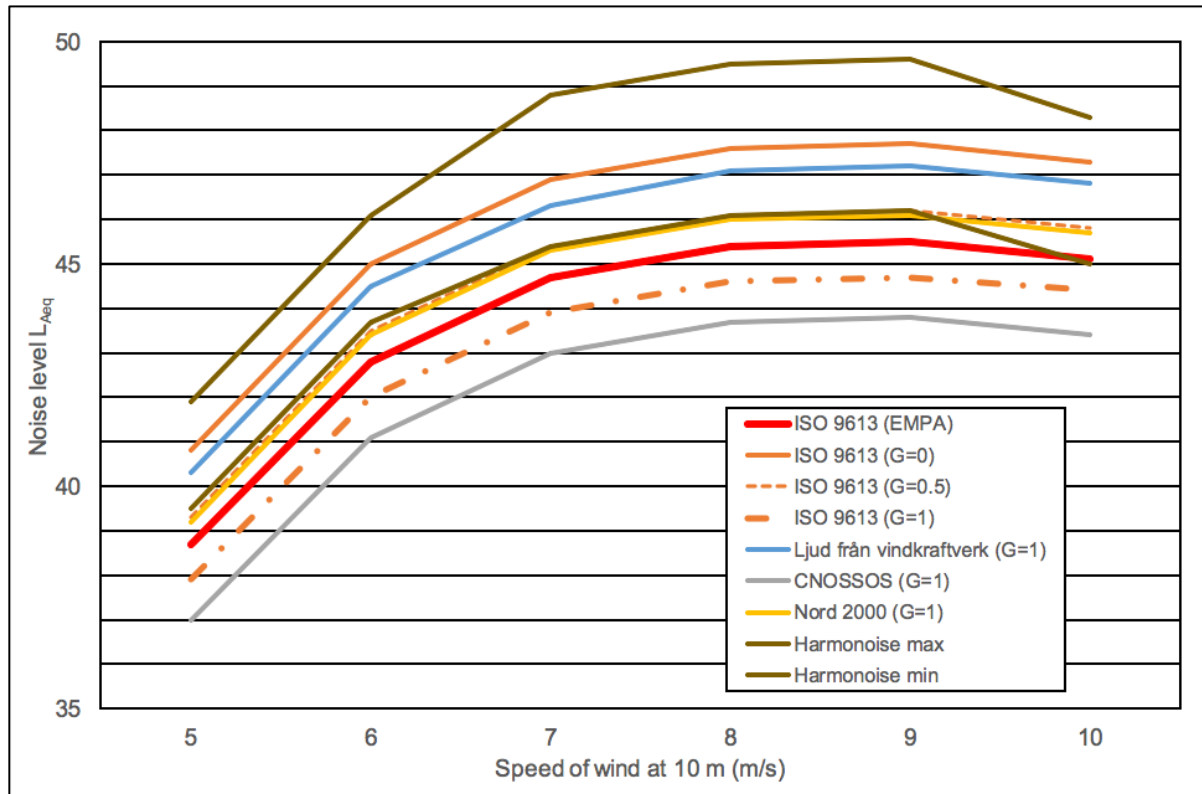
- Variation entre 125 Hz et 135 Hz
- Amplitude d'env. 5 dB
- Vitesse du vent supérieure à 10 m/s (éolienne fonctionnant à pleine puissance)

Méthodes de calcul

- Logiciel CadnaA
- Modèle 3D avec intégration des courbes de niveau (1 m) et de la végétation (forêt)
- Emissions sonores selon données du fabricant
- Propagation :
 - ISO 9613-2 selon recommandation OFEV avec modification EMPA
 - ISO 9613-2 avec variation du coefficient G (absorption du sol)
 - Ljud från vindkraftverk (Suède), modèle simplifié spécifique aux éoliennes
 - CNOSSOS (Européen)
 - Nord 2000 (Pays Nordiques)
 - Harmonoise (avec prise en compte des effets météorologiques)



Résultats des méthodes de calcul



Résultats des méthodes de calcul

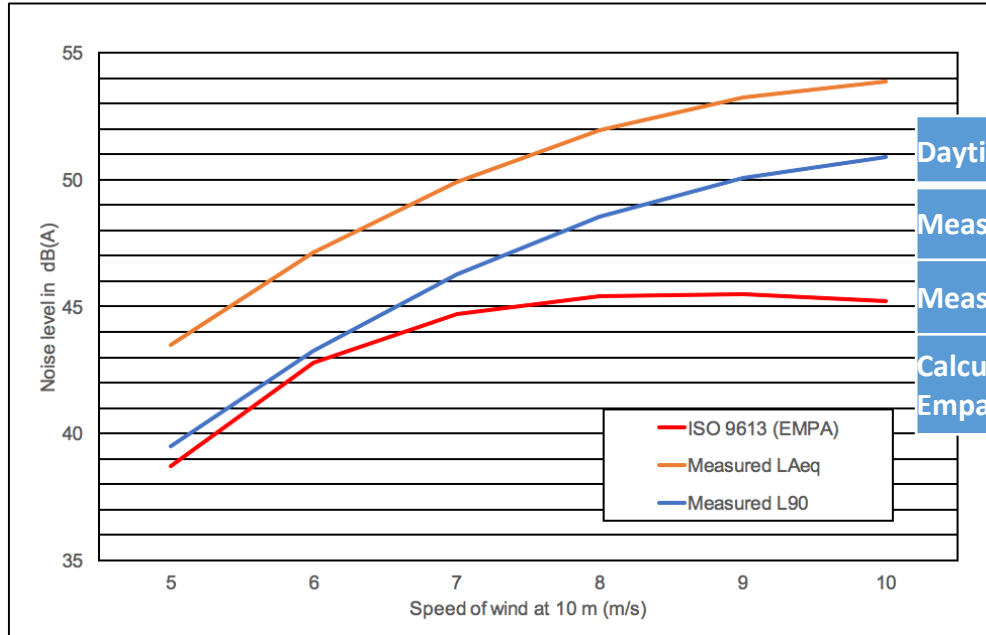
	Point 1 (9 m)							
Vitesse du vent en m/s	ISO 9613 (EMPA)	ISO 9613 (G=0)	ISO 9613 (G=0.5)	ISO 9613 (G=1)	Ljud från vindkraftverk (G=1)	CNOSSOS (G=1)	Nord 2000 (G=1)	Harmonoise (G=1)
5	38.7	40.8	39.3	37.9	40.3	37	39.2	39.5->41.9*
6	42.8	45	43.5	42	44.5	41.1	43.4	43.7->46.1*
7	44.7	46.9	45.4	43.9	46.3	43	45.3	45.4->48.8*
8	45.4	47.6	46.1	44.6	47.1	43.7	46.0	46.1->49.5*
9	45.5	47.7	46.2	44.7	47.2	43.8	46.1	46.2->49.6*
10	45.1	47.3	45.8	44.4	46.8	43.4	45.7	45->48.3*

* Dépend de la classe de stabilité et de la direction de vent

Leq annuel jour	42	44	42	41	43	40	42	42->45
------------------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------------

En moyenne annuelle, les résultats des différentes méthodes se situent à 42 dB(A) ± 2dB(A), excepté pour la méthode Harmonoise qui présente des valeurs un peu plus élevées selon les classes de stabilité météorologique

Comparaison mesurage / modélisation



Daytime, Position 1	dB(A)
Measurement, annual L_{Aeq}	49
Measurement, annual L_{A90}	46
Calculated L_{Aeq} (ISO 9613-2 including Empa correction)	42

- Les mesurages (bruit éolienne + bruit de fond) indiquent des niveaux sonores nettement plus élevés que ceux obtenus par calculs (bruit de l'éolienne uniquement)
- L'analyse plus détaillée des données ne permet d'isoler le bruit de l'éolienne par rapport au bruit de fond que sur de courtes périodes où l'émergence est particulièrement marquée (durée pas suffisante pour être statistiquement représentative)

Proposition de méthode de mesurages

- Appareillages adaptés aux conditions particulières (vent ...)
- Durée des mesurages suffisante pour couvrir l'ensemble des conditions météorologiques (vitesses et direction du vent)
- Pour les sites avec un bruit de fond important, il est nécessaire de prévoir une méthode de mesurages avec arrêt des éoliennes par exemple en alternance rapprochée de phases en service et de phases à l'arrêt, « stop and go »
- Lieu de mesurage à définir selon objectif :
 - Proche des éoliennes pour vérifier les émissions sonores
 - Au droit des fenêtres des habitations voisines (ou à proximité) pour déterminer les niveaux d'évaluation (selon annexe 6 OPB)
- Evaluation des composantes tonales et impulsives (modulation d'amplitude) difficile en raison de l'irrégularité de leur apparition

Merci de votre attention

