MSE LA MONJOIE
Tour de Lille
Boulevard de Turin
59777 Lille

Téléphone: 03.20.214.214
Télécopie: 03.20.131.231

Projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny

Communes de Fontaine-lès-Vervins et Laigny
Département de l'Aisne (02)

ETUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE

Réalisation de l'étude

Tour de Lille – Boulevard de Turin
59777 Lille
Tél : 0320214214

Réalisation : M. Adrien Bourbigot, Ingénieur Acousticien

NOVEMBRE 2016 – Annule et remplace la version d'octobre 2015

Table des matières

1.PRÉAMBULE....4
2.PRÉSENTATION DU PROJET....4
3.RÉGLEMENTATION ET DÉFINITIONS....7
3.1Contexte réglementaire....7
3.1.1TEXTE RÉGLEMENTAIRE....7
3.1.2CONTEXTE NORMATIF....7
3.2Généralités sur le bruit....8
3.2.1QUELQUES DÉFINITIONS....8
3.2.2ECHELLE DE BRUIT....11
3.2.3PROPAGATION DU BRUIT....13
3.2.4PARTICULARITÉ DU BRUIT DES ÉOLIENNES....16
4.MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE....17
4.1Mesures....17
4.1.1VITESSE DU VENT....17
4.1.2DIRECTION DU VENT....18
4.1.3POINTS DE MESURE ET D'ANALYSE....19
4.1.4DONNÉES ACOUSTIQUES....19
4.2Analyse....20
5.ETAT ACTUEL....21
5.1Conditions de mesures....21
5.2Fiches riverains....21
5.3Tableau synthèse des niveaux résiduels....27
6.ANALYSE DE L'IMPACT - PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE....28
6.1Recherche de la machine la plus impactante....28
6.2Présentation du modèle de calcul....30
7.ANALYSE DE L'IMPACT....31
7.1Hypothèses d'émissions des projets....31
7.2Résultats des calculs de propagation acoustique....31
7.3Estimation des émergences globales....32
7.4Fonctionnement optimisé....34
7.5Estimation des tonalités marquées....36
7.6Simulation du bruit maximal....37
7.7Effet cumulé....39
7.7.1CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE....39
7.7.2MÉTHODOLOGIE DU TRAITEMENT DE L'EFFET CUMULÉ....39
7.7.3CONCLUSION....39
8.CONCLUSION....40
8.1Analyse prévisionnelle....40
8.1.1EMERGENCES RÉGLEMENTAIRES - BRIDAGES....40
8.1.2TONALITÉS MARQUÉES....40
8.1.3NIVEAUX DE BRUIT AMBIANT....40
8.2Synthèse....40

1. Préambule

Le bruit étant un sujet sensible dans le développement de projets éoliens, il est indispensable de réaliser une étude détaillée en amont ainsi qu'en aval pour vérifier que les exigences législatives sont bien respectées.

Ainsi, une étude acoustique complète s'articule autour des quatre points suivants et en deux étapes :

Avant construction du projet :

- **Campagnes de mesures initiales** : détermination du bruit résiduel sur le site en fonction de la vitesse du vent, de sa direction et des périodes Jour/Nuit ;
- **Calculs prévisionnels** du bruit des éoliennes : simulation de l'impact sonore du projet au droit des riverains les plus proches ;
- **Analyse de l'émergence** a` partir des deux points précédents : validation du respect de la réglementation française en vigueur et, le cas échéant, proposition de solutions adaptées pour y parvenir (bridage, arrêt).

Après construction du projet :

- **Campagnes de mesures de réception** : détermination des émergences réelles sur site aux points simulés et vérification du respect de la réglementation française.

Cette étude concerne l'étude initiale avant l'implantation du parc.

2. Présentation du projet

Le projet se compose de 7 éoliennes, organisées en deux lignes parallèles sur un axe Sud-Ouest / Nord-Est.

Ce projet est implanté sur les communes de Fontaine-lès-Vervins et Laigny.

Le parc objet de ce dossier sera exploité par la SNC MSE La Monjoie, filiale de Maia Eolis.

Les principales caractéristiques du projet sont consignées dans le tableau ci-dessous:

Description	Caractéristiques	Remarques
Projet	7 éoliennes	une hauteur totale de 145 mètres (diamètre du rotor de 120 m Et hauteur de mât de 85 m) Et d'une puissance de 2,75 MW. Ces caractéristiques correspondent au modèle GE 2.75-120 Qui est le plus impactant
Localisation du projet	Sur le territoire des communes De Fontaines-lès-Vervins et Laigny	
Caractérisation de l'état initial	5 emplacements de mesures fixes	Du 16 Juillet au 31 Juillet 2012
Habitations	Quelques villages autour de la zone Concernée par le projet Laigny : 700m Etréaupont : 700m Fontaines-lès-Vervins : 1200m	Laigny à l'Ouest Etréaupont au Nord-Est Fontaines-lès-Vervins au Sud-Est
Infrastructures	Routes locales à proximité du parc N2, D77, D772	Apports de contributions non négligeables De jour et de nuit
Projets éoliens voisins	Projet de Haution à plus de 3km à l'ouest du projet à l'étude	Projet de **Haution** : 13 éoliennes accordées Ce projet appartient à d'autres exploitants que le projet à l'étude
Végétations et relief	Le dénivelé entre les différentes éoliennes est faible Compris entre 0 et 10m Les différents villages se trouvent entre 10 et 20m sous la zone où est prévu le projet	parcelles dédiées aux activités agricoles

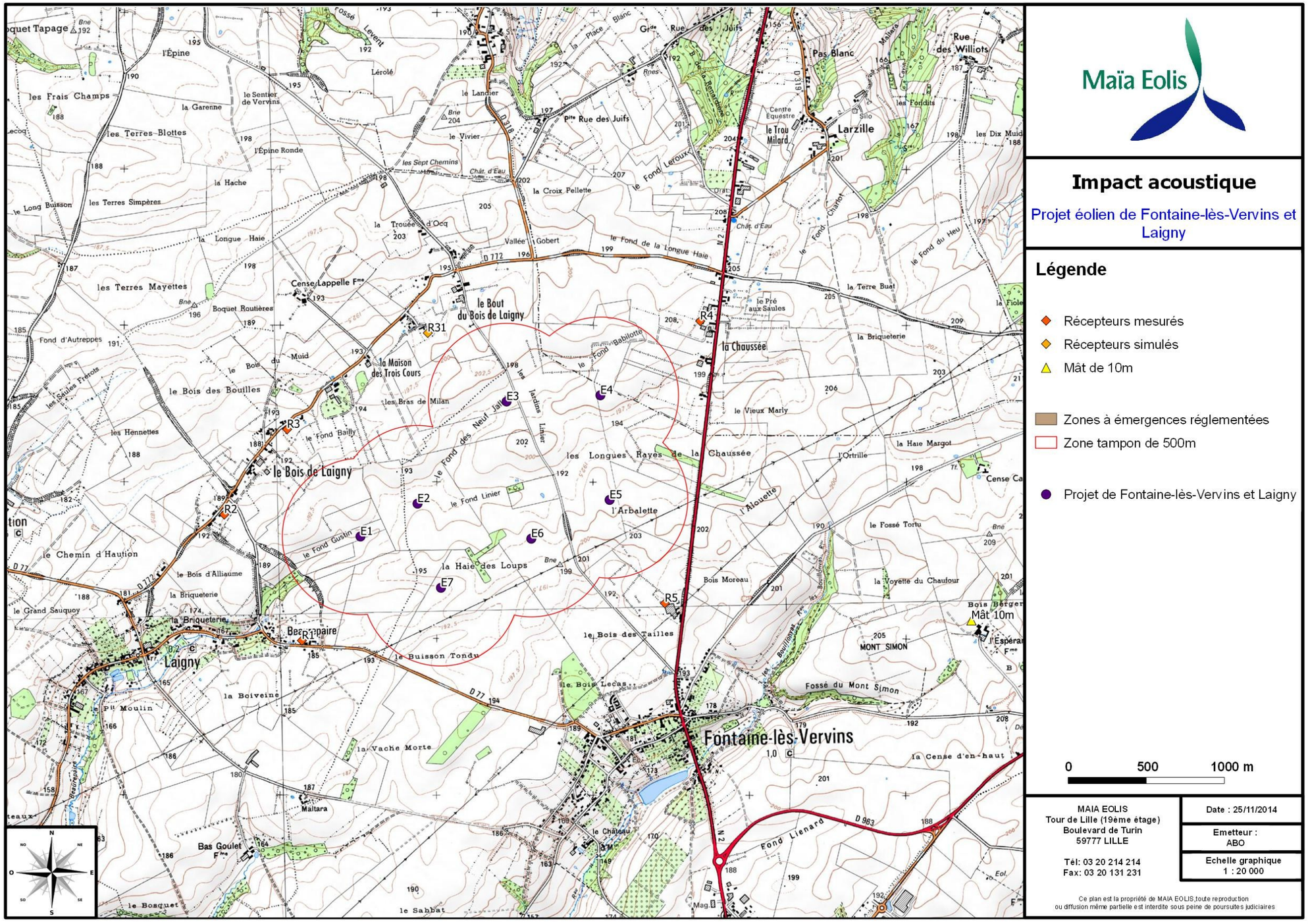


Figure 1: Implantation du projet

3. Réglementation et définitions

3.1 Contexte réglementaire

3.1.1 Texte réglementaire

Les parcs éoliens sont des installations soumises à autorisation sous le régime des **Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**. La section 6 de l'arrêté du 26/08/2011 (annexe 2) impose plusieurs points afin de prévenir contre les bruits de voisinage en **Zone à Émergences Réglementées (ZER)**.

Les ZER comprennent l'intérieur et l'extérieur des zones habitées ainsi que les zones constructibles définies dans le document d'urbanisme en vigueur. Dans notre cas, le Réglement National d'Urbanisme (RNU) s'applique pour les villages alentours. Nous prendrons pour ZER une zone tampon de 20m autour de chaque habitation.

La réglementation actuelle est basée sur la notion d'émergence qui est définie comme étant la différence entre le niveau de bruit ambiant (comportant le bruit particulier en cause) et le niveau de bruit résiduel (en l'absence du bruit particulier). Des niveaux maximums de bruit ambiant sont aussi exigés à proximité des éoliennes.

La réglementation définit **l'émergence globale** admise de jour et de nuit en ZER, lorsque le bruit ambiant est supérieur à 35 dB(A) :

- **5 dB(A) pour la période 7h-22h (période diurne);**
- **3 dB(A) pour la période 22h-7h (période nocturne).**

Ce texte introduit par ailleurs des exigences en termes de tonalité marquée (au sens de l'annexe 1.9 de l'arrêté du 23/01/1997) et impose un maximum d'émergence pour les deux bandes adjacentes (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) d'un spectre non pondéré en tiers d'octave de :

- **10 dB pour les bandes en tiers d'octaves centrées de 50 à 315 Hz ;**
- **5 dB pour les bandes en tiers d'octaves centrées de 400 à 8000 Hz.**

Enfin, le parc devra respecter un niveau maximal de bruit ambiant, mesuré au niveau du périmètre défini par le plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre de chaque éolienne et de rayon R déterminé par R=1,2 fois la hauteur en bout de pale des éoliennes.

Les niveaux maximums sont de :

- **70 dB(A) pour la période 7h-22h ;**
- **60 dB(A) pour la période 22h-7h.**

Ces dispositions ne sont pas applicables si le niveau de bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à la limite réglementaire (70 ou 60 dB(A)).

3.1.2 Contexte normatif

Les niveaux résiduels (ou ambiants lorsque les éoliennes sont en service) doivent être déterminés à partir de mesures in situ conformément à la norme NFS 31-010 de décembre 1996 "caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement". Celle-ci impose notamment que les mesures soient effectuées dans des conditions de vents inférieurs à 5 m/s à hauteur du microphone et à une distance supérieure à 2 m des parois.
Pour mémoire, le projet de norme NFS 31-114, toujours en cours d'élaboration, a pour objectif de compléter et de préciser certains points pour l'adapter aux projets éoliens. **La présente étude prend en compte les dernières avancées méthodologiques du groupe de travail en charge de la rédaction de cette norme conformément à l'arrêté du 26/08/2011.**

3.2 Généralités sur le bruit

Le bruit est un phénomène complexe à appréhender : la sensibilité au bruit varie en effet selon un grand nombre de facteurs liés aux bruits eux-mêmes (l'intensité, la fréquence, la durée, le caractère impulsionnel...), mais aussi aux conditions d'exposition (distance, hauteur, forme de l'espace, autres bruits ambiants, ...) et à la personne qui les entend (sensibilité personnelle, état de fatigue, ...).

3.2.1 Quelques définitions

Niveau de pression acoustique

La pression sonore s'exprime en Pascal (Pa). Cette unité n'est pas pratique puisqu'il existe un facteur de 10^6 entre les sons les plus faibles et les sons les plus élevés qui peuvent être perçus par l'oreille humaine.
Ainsi, pour plus de facilité, on utilise le décibel (dB) qui a une échelle logarithmique et qui permet de comprimer cette gamme entre 0 et 140.
Ce niveau de pression, exprimé en dB, est défini par la formule suivante :

$$Lp = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2$$

où p est la pression acoustique efficace (en Pascal) ;
p_0 est la pression acoustique de référence (20 µPa).

Fréquence d'un son

La fréquence correspond au nombre de vibrations par seconde d'un son. Elle est l'expression du caractère grave ou aigu du son et s'exprime en Hertz (Hz).
La plage de fréquence audible pour l'oreille humaine est comprise entre 20 Hz (très grave) et 20 000 Hz (très aigu).
En dessous de 20 Hz, on se situe dans le domaine des infrasons et au dessus de 20 000 Hz on est dans celui des ultrasons. Les infrasons sont perçus comme des déplacements d'air et induisent des sensations mécaniques non-audibles mais perceptibles, à la différence des ultra-sons qui n'entraînent aucun effet sensoriel.

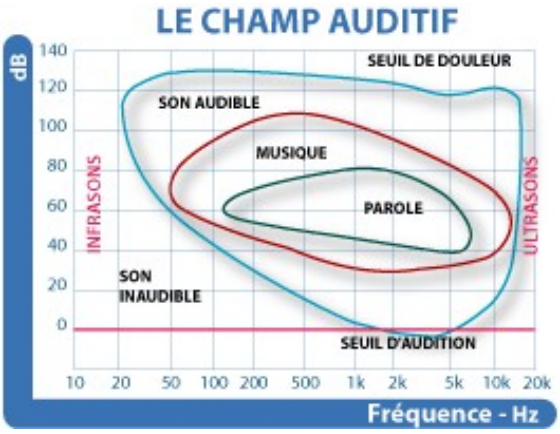


Figure 2: Champ auditif de l'homme en fréquence et en niveau sonore [1]

Pondération A

Afin de prendre en compte les particularités de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les sons aigus et les sons graves de la même façon, on utilise la pondération A qui se base sur la courbe isophonique à 40 dB. Il s'agit d'appliquer un «filtre» défini par la pondération fréquentielle suivante :

Fréquence (Hz)	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 k Hz	4 kHz	8 kHz
Pondération A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	0	1,1	-1

Tableau 1: Termes correctifs de la pondération A en bande d'octaves [2]

L'unité du niveau de pression devient alors le décibel « A », noté dB(A).

Arithmétique particulière du décibel

L'échelle logarithmique du décibel induit une arithmétique particulière. En effet, les décibels ne peuvent pas être directement additionnés :

- **60 dB(A) + 60 dB(A) = 63 dB(A)** et non 120 dB(A)

Quand on additionne deux sources de même niveau sonore, le résultat global augmente de 3 décibels.

- **60 dB(A) + 70 dB(A) = 70 dB(A)**

Si deux niveaux de bruit sont émis par deux sources sonores, et si l'une est au moins supérieure de 10 dB(A) par rapport à l'autre, le niveau sonore résultant est égal au plus élevé des deux (effet de masque).
Notons que l'oreille humaine ne perçoit généralement de différence d'intensité que pour des écarts d'au moins 2 dB(A).

Indicateurs LA_{eq} et L_{50}

Les niveaux de bruit dans l'environnement varient constamment, ils ne peuvent donc être décrits aussi simplement qu'un bruit continu.
Afin de les caractériser simplement on utilise le niveau équivalent exprimé en dB(A), noté LAeq qui représente le niveau de pression acoustique d'un bruit stable de même énergie que le bruit réellement perçu pendant la durée d'observation.
Il est défini par la formule suivante, pour une période T :

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t1}^{t2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} \, dt \right]$$

où LAeq,T est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t_1 et se termine à t_2 ;
P_0 est la pression acoustique de référence (20µPa) ;
$P_A(t)$ est la pression acoustique instantanée pondérée A.

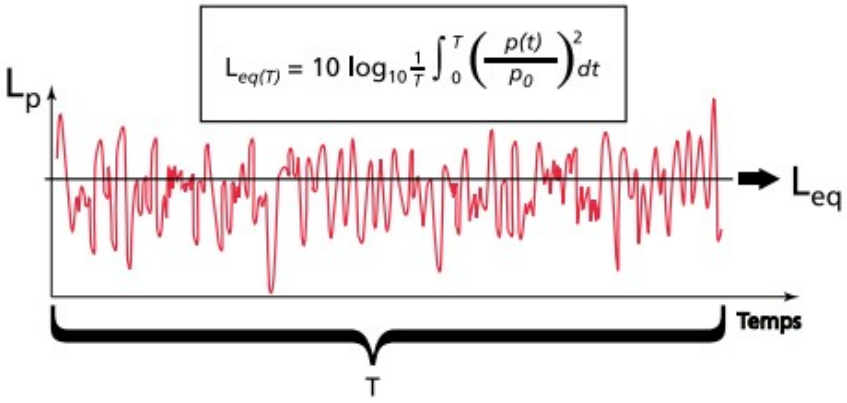


Figure 3: Niveau équivalent Leq [3]

On peut également utiliser les indices statistiques, notés Lx, qui représentent les niveaux acoustiques atteints ou dépassés pendant x % du temps.
Par exemple, dans le cas de projets éoliens, nous faisons le choix de l'indicateur L50 (niveau acoustique atteint ou dépassé pendant 50 % du temps) comme bruit préexistant pour le calcul des émergences car il permet une élimination très large des événements particuliers liés aux activités humaines. Il correspond en fait au bruit de fond dans l'environnement.

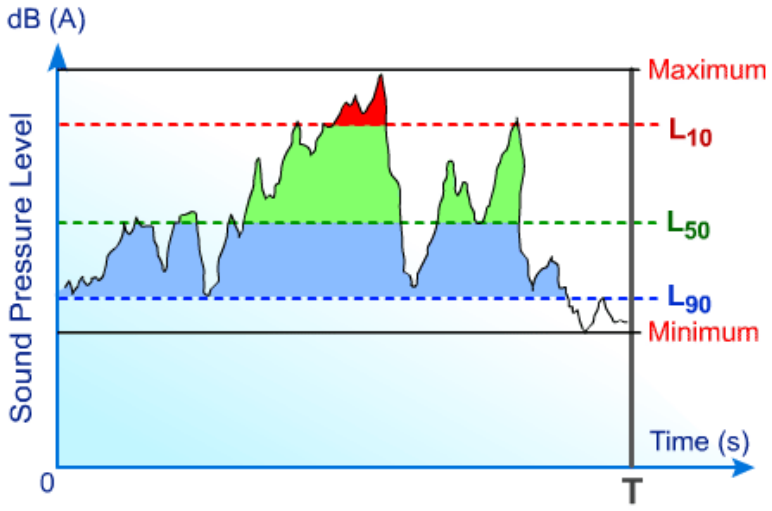


Figure 4: Indices statistiques LA10; LA50 et LA90 [4]

Notion d'émergence

L'article R 13-36-9 du code de la santé publique définit l'émergence de la manière suivante :
« L'émergence est définie par la différence entre le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier en cause, et celui du bruit résiduel constitué par l'ensemble des bruits habituels, extérieurs et intérieurs, dans un lieu donné, correspondant à l'occupation normale des locaux et au fonctionnement normal des équipements. »

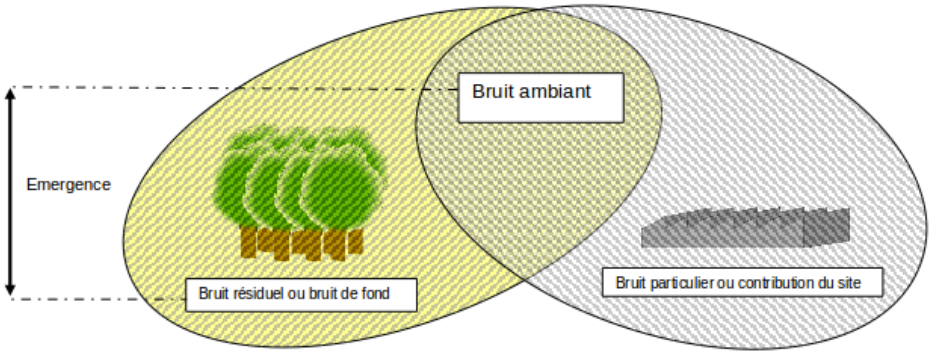


Figure 5: Emergence = bruit ambiant - bruit résiduel

3.2.2 Echelle de bruit

A titre d'information, l'échelle de bruit ci-dessous permet d'apprécier et de comparer différents niveaux sonores et types de bruit.
Ainsi, la contribution sonore **au pied** d'une éolienne est de l'ordre de **50 à 60 dB(A)** selon le type, la hauteur et le mode de fonctionnement.
Ces niveaux sonores sont comparables en intensité à une conversation à voix « normale ».

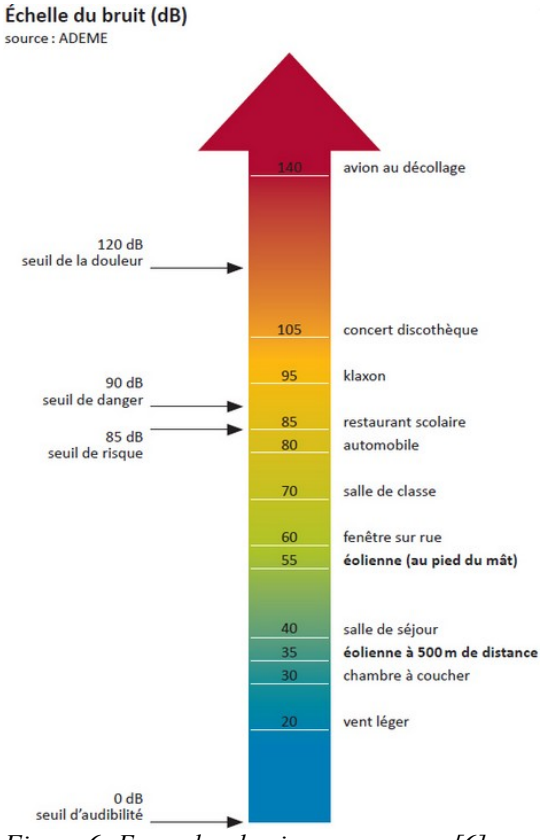


Figure 6: Exemples de niveaux sonores [6]

Commentaires sur les infrasons

Les infrasons, définis par des fréquences inférieures à 20 Hz, sont généralement inaudibles par l'oreille humaine. Ils peuvent toutefois être perçus comme des sensations mécaniques non-audibles pour des niveaux très élevés (>90 dBG).

Note : Le dBG est une pondération humaine spécifique aux infrasons.

Les émissions d'infrasons peuvent être d'origine naturelle ou technique :

- ***Origines naturelles*** : les orages, les chutes d'eau, les événements naturels (tremblements de terre, tempêtes, ...), les obstacles au vent (arbres, falaises, …) ;
- ***Origines techniques*** : la circulation (routière, ferroviaire ou aéronautique), le chauffage et la climatisation, l'activité industrielle en général, les obstacles au vent (bâtiments, pylônes, éoliennes,...).

Les éoliennes génèrent des infrasons du fait principalement de leur exposition au vent et accessoirement du fonctionnement de leurs équipements. Les infrasons ainsi émis sont faibles comparés à ceux de notre environnement habituel. Selon une étude menée par Gamba Acoustique en 2011, les niveaux mesurés sont inférieurs à 60 dBG entre 2 et 20Hz soit plus de 40 dB au dessous du seuil d'audition.

Ci-dessous, un graphe montrant différents niveaux standards d'infrasons en comparaison avec le seuil de perception moyen. Il a été choisi de montrer le niveau produit par des éoliennes à 500m car c'est la distance minimale entre les machines et les habitations, selon la réglementation française actuellement en vigueur.

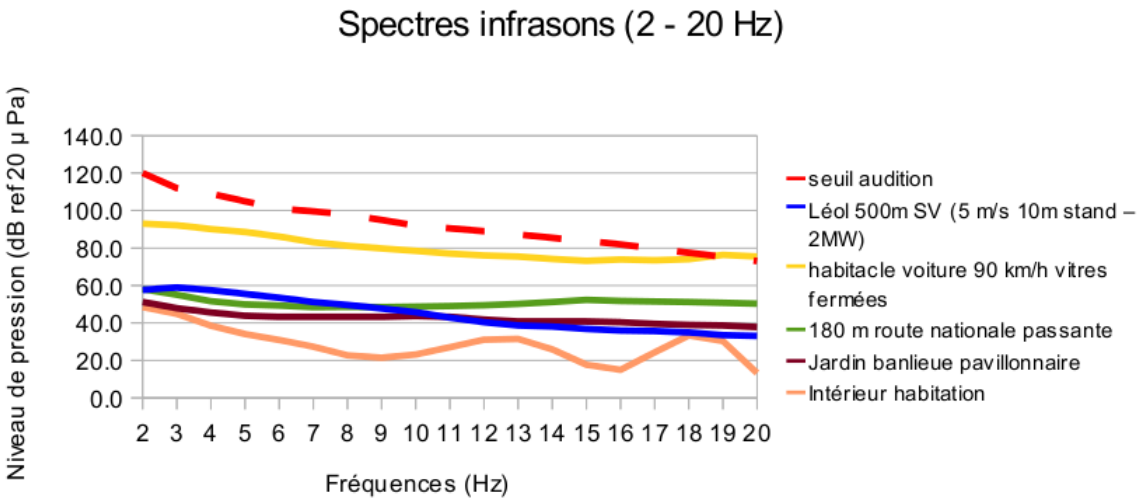


Figure 7: Exemples de niveaux d'infrasons [7]

Des expériences sur le trouble du sommeil utilisant les enregistrements de l'activité cérébrale (travaux de Landström), montrent que des stimuli de 10 dB en dessous du seuil de perception entre 6 et 16 Hz, n'entraînent aucune perturbation de l'activité cérébrale. En revanche des stimuli de 10 dB en dessus du seuil de perception entre 6 et 16 Hz, entraînent une baisse des périodes d'éveil.

Le même type d'expériences (exposition de 115 dBG à 6 Hz pendant 20 mn) réalisées sur des sujets sourds et des sujets entendant normalement, montrent que les symptômes de baisse des périodes d'éveil n'apparaissent que chez les sujets entendants. Cette expérience montre que pour des niveaux sonores autour du seuil de perception, celle-ci provient d'une stimulation de la cochlée (oreille interne) et non d'une sensation de vibration de l'estomac, de la cage thoracique ou de tout autre organe interne *(« Low frequency noise and infrasound rom wind turbine generators » G. Belhouse – Bel Acoustic Consulting – 2004)*. Ainsi, un bruit ne provoque une gêne pour un individu que s'il peut être perçu par celui-ci.

Les niveaux de bruit des infrasons autour de parcs éoliens étant bien inférieurs au seuil de perception de l'oreille humaine, **nous ne pouvons pas attribuer à l'émission d'infrasons d'éoliennes la moindre dangerosité ou gêne des riverains.**

De même, en 2008, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) a publié un avis relatif aux impacts sanitaires du bruit des éoliennes. Concernant le "cas des infrasons":"Il apparaît que les émissions sonores des éoliennes ne génèrent pas de conséquences sanitaires directes, tant au niveau de l'appareil auditif que des effets liés à l'exposition aux basses fréquences et aux infrasons."

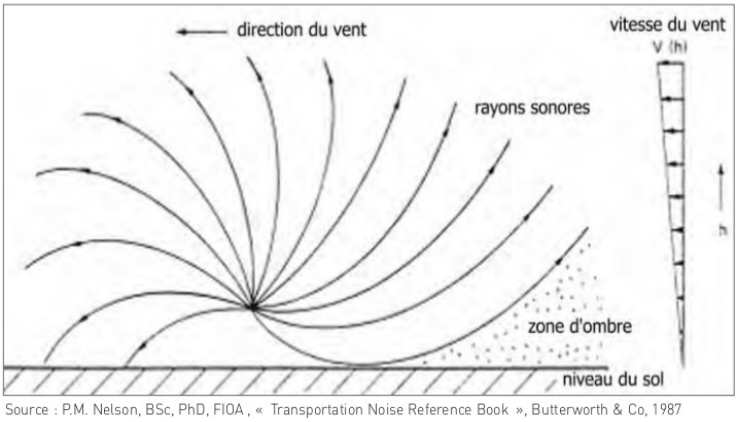
En Janvier 2015, le professeur Patrice Tran Ba Huy, oto-rhino-laryngologiste et membre de l'Académie de médecine, réaffirme les conclusions de l'AFFSET.
Il précise, en parlant des infrasons générés par les éoliennes, que « leurs fréquences sont inaudibles par l'oreille humaine et tellement au-dessous des seuils pathogènes qu'ils ne sauraient être responsables de troubles fonctionnels aussi divers qu'insomnie, altération de l'humeur, céphalées, fatigue, palpitations cardiaques, dépression ou encore vertiges ou acouphènes ».

3.2.3 Propagation du bruit

Propagation géométrique
Une éolienne est assimilable à une source ponctuelle. L'énergie sonore est répartie sur des fronts d'ondes sphériques dont le diamètre va en s'amplifiant. Un doublement de la distance entraîne une baisse du niveau de pression acoustique de 6 dB.

Le vent et la température
Les conditions météorologiques, et plus particulièrement le vent et la température, peuvent jouer un rôle essentiel lorsque la distance entre la source et l'observateur est supérieure à 50 m. Plus cette distance est importante, plus l'influence éventuelle des facteurs météorologiques se fait sentir.

Lorsque la vitesse du vent augmente en raison de l'altitude, la direction des ondes sonores qui se propagent s'infléchit, faisant en sorte que le bruit ne se propage pas en ligne droite. C'est pourquoi il existe, en cas de vent descendant, une zone où le niveau de pression acoustique est plus élevé et, en cas de vent ascendant, une zone d'ombre (zone où le niveau de pression acoustique est moindre)



Source : P.M. Nelson, BSc, PhD, FIOA , « Transportation Noise Reference Book », Butterworth & Co, 1987

Figure 8: Variation de la pression acoustique en fonction de la direction du vent [8]

L'augmentation ou diminution du niveau de pression acoustique en fonction de la direction des vents et en fonction de la distance est plus flagrante et importante.
Par exemple, un observateur situé à 1000 m d'une source peut enregistrer, en cas de vent portant, une atténuation de –3 à +3 dB environ, mais, en cas de vent contraire, cette atténuation peut atteindre jusqu'à –20 dB.

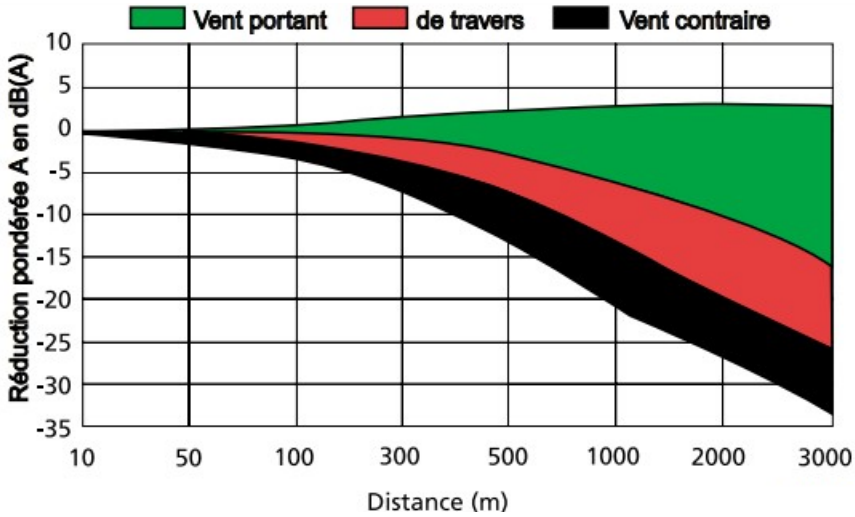
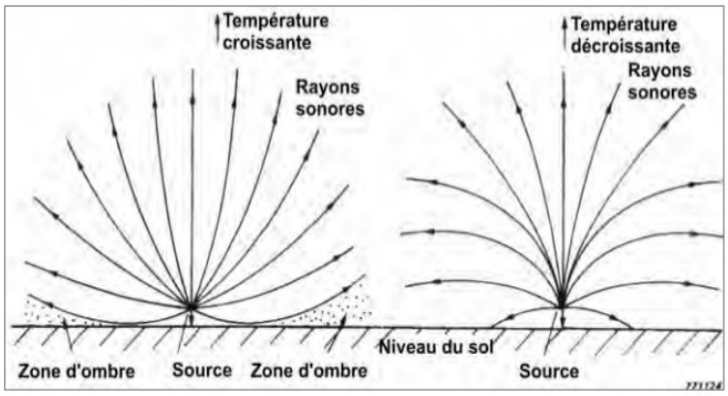


Figure 9: Atténuation du niveau sonore en fonction de la direction du vent et de la distance émetteur/source [9]

Bien que minime, la variation de la température avec l'altitude a aussi une influence sur la propagation du son. Sur la figure ci-dessous nous avons deux situations différentes :

- à gauche, en situation normale ;
- à droite, en cas d'inversion des températures.

En situation normale, une zone d'ombre se crée à partir d'une certaine distance de la source, ce qui n'est pas le cas lors d'une inversion des températures .



Source : P.M. Nelson, BSc, PhD, FIOA , « Transportation Noise Reference Book », Butterworth & Co, 1987

Figure 10: Influence du gradient vertical de température sur la propagation du son [10]

Absorption par l'air

L'énergie des ondes sonores qui se propagent dans l'air est en partie absorbée par la transformation des molécules d'air en énergie thermique. Le phénomène est largement dépendant de la fréquence. Pour les fréquences les plus basses, l'absorption du son par l'air peut être négligée même à grande distance (> 10 km). En cas de son à haute fréquence, l'influence se fait déjà largement sentir dès que la distance entre la source et l'observateur atteint quelques dizaines de mètres. L'absorption du son par l'air est également tributaire de la température de l'air.

Bande d'octave (Hz)	0°C	10°C	20°C
500	0,2	0,2	0,3
1000	0,5	0,4	0,5
2000	1,5	1,0	1,1
4000	4,5	2,7	2,3
8000	10,4	6,7	4,8

Tableau 2: Absorption du bruit par l'air (exprimée en dB/100m) à différentes températures et avec une humidité relative de l'air de 80% [11]

Absorption par la végétation

La qualité de l'écran protecteur formé par la présence de végétation entre la source et le récepteur est en général largement surestimée. En règle générale, la végétation réfléchit/absorbe mal les bruits, comme nous le prouvent les chiffres du tableau suivant où sont reproduites les valeurs d'absorption pour une forêt compacte de feuillus.

Fréquence (Hz)	200 - 400	400 - 800	800 - 1600	1600 - 3200	3200 - 6400
Absorption (dB/m)	0,05	0,05 – 0,07	0,08 – 0,10	0,11 – 0,15	0,17 – 0,2

Tableau 3: Absorption des bruits par une forêt compacte de feuillus (exprimée en dB/m) [12]

L'influence du sol

La transmission du bruit entre une source et un observateur peut être influencée par un phénomène de réverbération entre les deux points. Les ondes sonores qui parviennent jusqu'à l'observateur peuvent non seulement emprunter le trajet le plus court dans l'air, mais elles peuvent aussi être réfléchies en un point du sol. L'onde sonore ainsi réfléchie peut renforcer ou affaiblir significativement le niveau sonore. Il convient de distinguer les surfaces "acoustiquement dures" (comme le béton, les surfaces pavées, l'eau...) et les surfaces acoustiquement tendres (l'herbe, les champs cultivés, les surfaces enneigées...). La figure suivante nous donne un exemple d'atténuation consécutive à la réverbération sur un sol dur, tendre et "mixte".

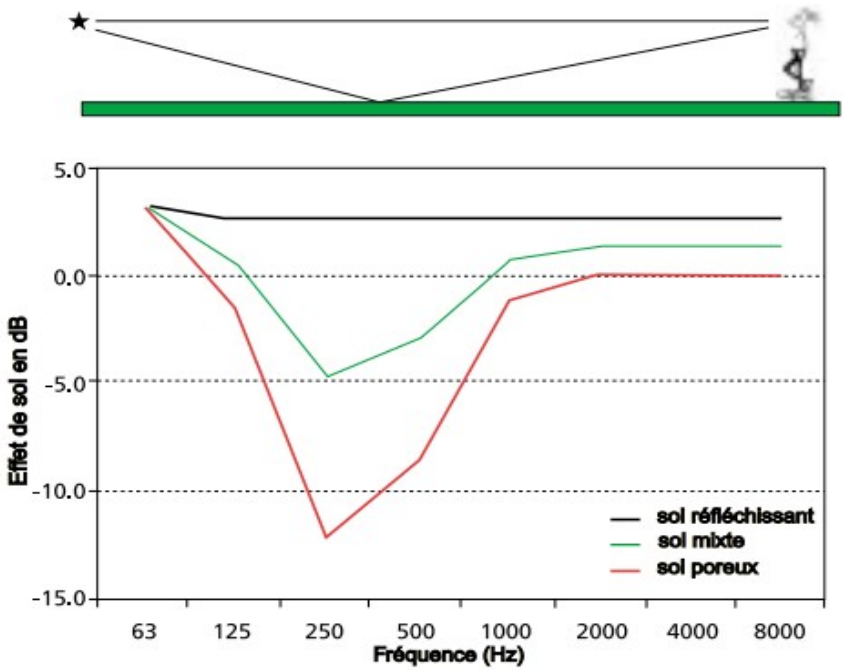


Figure 11: Influence du sol sur le niveau de pression acoustique pour un observateur [13]

3.2.4 Particularité du bruit des éoliennes

On retient généralement les trois phases de fonctionnement suivantes pour définir les différentes sources de bruit issues d'une éolienne :

- **A des vitesses de vent inférieures à environ 4 m/s**, la puissance acoutique de l'éolienne est très faible. Le bruit provient des équipements électriques et de ventilation.
- **A partir d'une vitesse d'environ 4 m/s**, l'éolienne se met en fonctionnement. La puissance acoustique augmente avec la vitesse du vent. Le bruit est composé du bruit aérodynamique du frottement des pales dans l'air ainsi que des bruits mécaniques.
- **Au-delà de 7 à 8 m/s**, l'éolienne entre en régime nominal avec une puissance acoustique constante. Pour certaine machine la puissance acoustique diminue au-delà de 8m/s.

Le scénario le plus défavorable pour les riverains est lorsque la vitesse du vent est suffisante pour entrainer les pales et pas assez pour augmenter le niveau de bruit de l'environnement.
Dans ces conditions le niveau de l'environnement peut ne pas masquer suffisamment le bruit des éoliennes.
La plage de vent correspondante à ce scénario est comprise entre 4 et 10 m/s pour des vitesses de vent mesurées à 10m du sol. L'analyse acoustique doit porter sur ces vitesses de vent.

4. Méthodologie de l'étude

4.1 Mesures

4.1.1 Vitesse du vent

Pour les mesures acoustiques, nous nous référons à une vitesse de vent de référence à 10m.
Pour la calculer à partir de la vitesse mesurée par les anémomètres de l'éolienne ou du mât de mesures, nous utilisons la formule suivante :

$$Vréf_{10m} = V_H \times \frac{\ln(\frac{h}{Z_0})}{\ln(\frac{H}{Z_0})}$$

avec généralement : H=80m , h=10m et Z0=0,05m (rugosité standard)

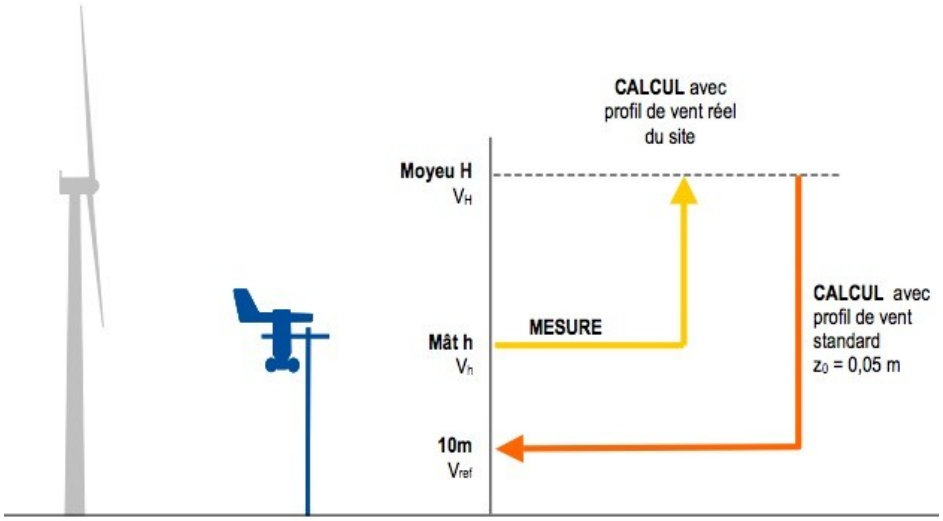


Figure 12: Schéma de calcul de la vitesse standardisée à 10m [14]

Si les mesures de vitesse et de direction du vent sont prises à l'aide d'un mât 10m, aucune standardisation ne doit être effectuée et la mesure doit être utilisée telle quelle.
Dans notre cas, la mesure de vent est effectuée sur un mât de 10m.

4.1.2 Direction du vent

L'étude doit permettre d'étudier l'ambiance généralement rencontrée au long de l'année. Pour choisir la ou les directions de vent principales, il faut se référer aux études de vent longues durées.

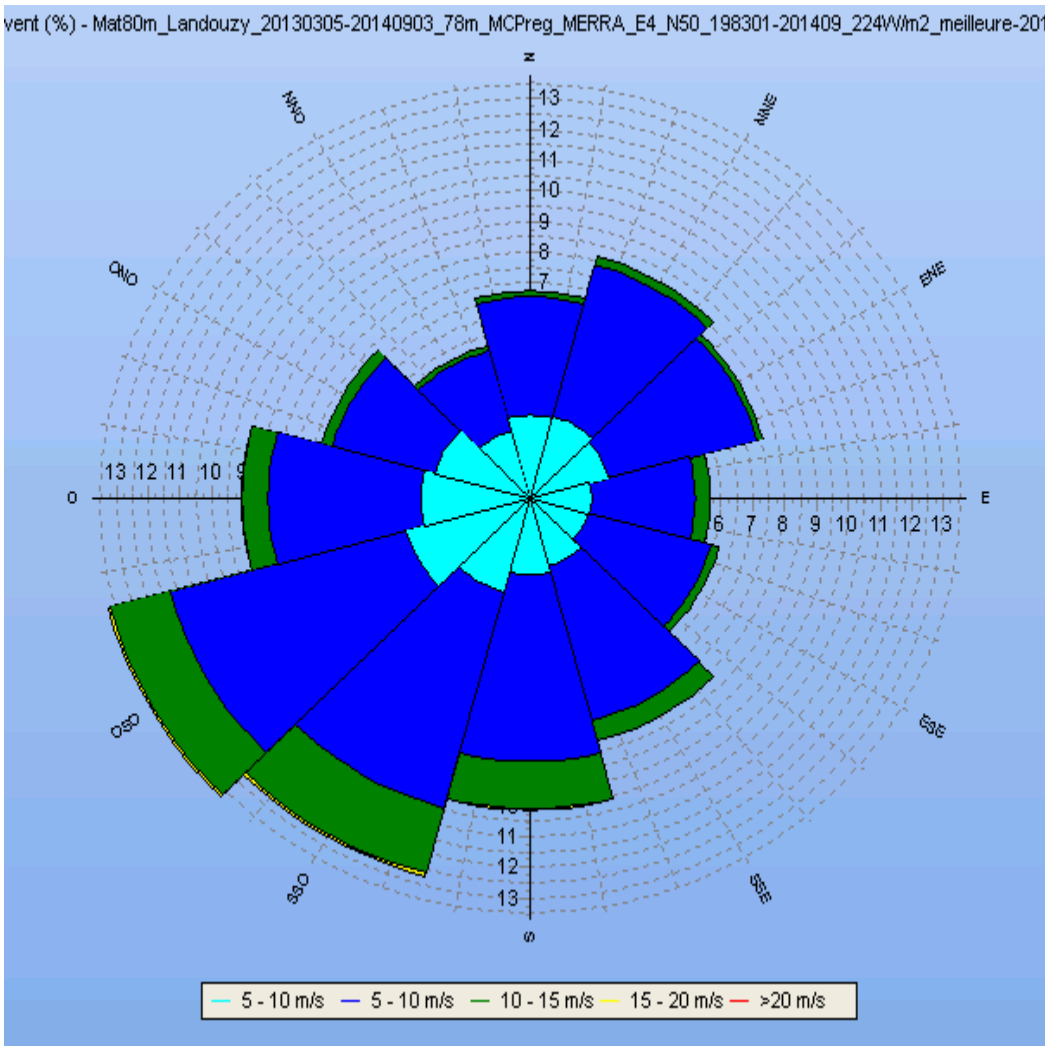


Figure 13: Rose des vents de longue durée issue d'un mât de mesure situé à Landouzy à 10 km du projet

Après analyse de la rose des vents, il faudrait faire la campagne de mesures pour un vent de direction Ouest/Sud-Ouest ou Nord/Nord-Est (secteur +/- 30 degrés autour de la direction principale comme le précise la norme NFS 31-114).

Les conditions de vent rencontrées pendant la campagne de mesure, représentées pages 49 et 50, ne permettent pas de constituer une classe homogène avec un nombre d'échantillons respectant les critères du projet de norme NFS 31114 si l'on applique un filtre sur un secteur directionnel majoritaire, tel que représenté sur la rose des vents ci-dessus. Aussi le choix d'un secteur directionnel aurait engendré une incertitude excessive sur les résultats.

De plus l'environnement du projet ne laisse pas présager un risque de gêne acoustique particulier selon les secteurs de vents dominants.

Par conséquent les mesures ont été réalisées sur le mât de 10m situé sur la zone du parc en projet quel que soit le secteur de direction de vent.

Cette approche permet d'optimiser le nombre d'échantillons de mesure et réaliser l'analyse selon le projet de norme NFS 31114 dans les meilleures conditions.

Les évolutions de la vitesse et de la direction sont indiquées en annexe 3.

4.1.3 Points de mesure et d'analyse

Une étude d'impact acoustique doit être réalisée au droit des riverains qui pourraient être le plus impactés (généralement les plus proches). Les points de mesures doivent représenter l'ambiance acoustique habituelle d'un lieu de vie.

Le choix se fait à partir d'une vue satellite, en mesurant la distance des habitations aux éoliennes, en prenant en compte la topographie du terrain (présence d'arbres, reliefs masquants ...), en considérant la direction du vent (pour protéger le microphone) et la direction vers les futures machines.

L'analyse sera réalisée aux points mesurés et aux points les plus impactés pour lesquels on considérera un bruit résiduel équivalent (proximité du parc, orientation par rapport aux vents, ambiance acoustique...)

4.1.4 Données acoustiques

L'acquisition des points a consisté en une mesure de niveau global intégré sur 1s, le LAeq,1s. Les enregistrements des spectres ont été réalisés par bandes de tiers d'octaves avec la même configuration. Les mesures ont été effectuées conformément à la norme NFS 31-114.

Les appareils utilisés sont des sonomètres analyseurs statistiques de classe 1 ; les données ont été traitées et analysées sur informatique.

Des valeurs 1s sont calculées les médianes (L50) des différents paramètres mesurés sur 10 minutes. Cela permet de filtrer les éléments sonores indésirables (passage de voiture, aboiement de chien...).
Ces échantillons de 10 minutes sont ensuite corrélés avec les mesures de vitesses et de direction de vent à 10m ainsi qu'avec les périodes de la journée (cf annexe 5).

Les indicateurs de bruit seront déterminés à l'aide des deux étapes décrites ci-après :

- Calcul des valeurs médianes des descripteurs et de la vitesse de vent moyenne dans la classe de vent étudiée
- Interpolations et extrapolations aux valeurs de vitesses de vent entières

Les explications sur la méthode sont données en annexe 4 conformément à la norme NFS 31-114

Dans la mesure du possible, les microphones ont donc été positionnés à l'abri :

- du vent tel que la vitesse au micro ne dépasse pas 5 m/s conformément à la norme NFS 31-114
  Pour cela la vitesse du vent à 2m de hauteur à été déduite de la vitesse du vent mesurée sur le mât de 10m.
  Si la vitesse dépasse 5m/s, les échantillons de mesure correspondants seront exclus de l'analyse. (cf annexe 3).
- de la pluie en utilisant des boules anti-intempéries adaptées conformément à la norme NFS 31-114
  Pour cela les données de la station Météo France la plus proche ont été utilisées (station de Saint-Quentin à 50km du projet).
  S'il pleut, les échantillons de mesure correspondants seront exclus de l'analyse.(cf annexe 3).
- de la végétation pour refléter dans la mesure du possible un environnement sonore indépendant des saisons ;
- des infrastructures de transport proches afin de s'affranchir de perturbations trop importantes dont on

ne peut justifier entièrement l'occurrence ;

De plus, les microphones sont à une distance minimale de 2m des parois et à une hauteur d'au moins 1,5m.
Notons qu'aucun point n'a été retenu au centre des villages car d'une part, ils sont plus éloignés du parc, et d'autre part, l'effet d'écran assuré par les premières habitations nous garantit a priori une émergence inférieure à celles aux autres points.
La position des points de mesure a été choisie avec le plus grand soin, au niveau des points à émergence potentielle maximale. Le but est que le projet éolien ne génère aucun impact sonore significatif sur le reste de l'environnement habité, si les émergences légales en ces points sont respectées.

4.2 Analyse

Du nuage de points obtenu, **nous supprimons les points correspondant à un temps pluvieux et ceux pour lesquels la vitesse de vent à hauteur du micro a été supérieure à 5 m/s**. Nous prenons ensuite la médiane recentrée par classe de vitesse de vent à 10m suivant la méthodologie de la norme NFS 31-114. Nous n'**analysons que ce qui a été mesuré**. Quand le nombre d'échantillons pour une classe est trop insuffisant pour être représentatif (nombre de points inférieur à 10), l'analyse est non concluante.
Les graphiques associés aux emplacements de mesures sont disponibles en annexe 5 et les conditions de mesures en annexe 3.

Les couples de points "niveau résiduel – vitesse de vent standardisée", appelés indicateurs de bruits selon le projet de norme NFS 31114, seront exprimés dans des classes homogènes.

Les classes homogènes du projet sont au nombre de deux:

- Jour (07h-22h), sur une plage de direction de vent de 0°-360°, pendant une même saison et sans précipitation;
- Nuit (22h-07h), sur une plage de direction de vent de 0°-360°, pendant une même saison et sans précipitation.

5. Etat actuel

5.1 Conditions de mesures

La campagne de mesures acoustiques a consisté à mesurer 5 points pendant 14 jours.
Elle s'est déroulée du 16 Juillet 2012 au 31 Juillet 2012.
Elle a été réalisée par la société EREA INGENIERIE.
L'environnement sonore n'ayant pas changé, ces mesures reflètent bien le milieu sonore actuel.
Les emplacements de mesures correspondent aux points R1 à R5. Les distances aux machines les plus proches sont précisées ci-dessous:

- R1 à 750m de E1
- R2 à 900m de E1
- R3 à 850m de E1
- R4 à 800m de E4
- R5 à 750m de E5

Les emplacements de mesures simulés correspondent aux mêmes niveaux résiduels que ceux mesurés.
Dans ce projet, il s'agit de l'emplacement R31.
Cet emplacement sera utilisé pour simuler des impacts sur des habitations plus proches que celles où ont été réalisées les mesures.
La mesure du vent à 10m est récupérée sur le mât de 10m installé à l'Est de l'emplacement R5.
La mesure du vent à 2m est récupérée sur le mât de 10m.
La mesure de précipitation est récupérée auprès de la station Météo France de Saint-Quentin à 50km du projet.

5.2 Fiches riverains

Les coordonnées GPS ainsi que les niveaux de bruit résiduel ont été mesurés pour chaque point.
Les fiches suivantes présentent :

- des photos de positionnement des points;
- l'adresse exacte du point;
- le sonomètre utilisé pour les mesures;
- la période de mesure;
- des remarques sur l'ambiance acoustique avoisinante;
- les niveaux de bruit résiduel global extérieur;
- l'évolution temporelle du L50,10min avec une indication sur les mesures filtrées (suivant la direction du vent, la vitesse du vent au niveau du microphone ainsi que les précipitations).

Quand le nombre de points n'est pas suffisant pour tirer des conclusions, le symbole "/" est utilisé.
L'analyse "bruit-vent" selon la méthodologie précédemment détaillée, permet de déterminer les niveaux de bruit résiduels suivants pour les périodes de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h).
Les couples de points niveau résiduel – vitesse de vent (appelés indicateurs de bruits) obtenus pour chaque classe de vitesse de vent sont caractéristiques des différentes ambiances sonores du projet.
Ces couples seront utilisés pour le calcul prévisionnel des émergences au droit des habitations riveraines.

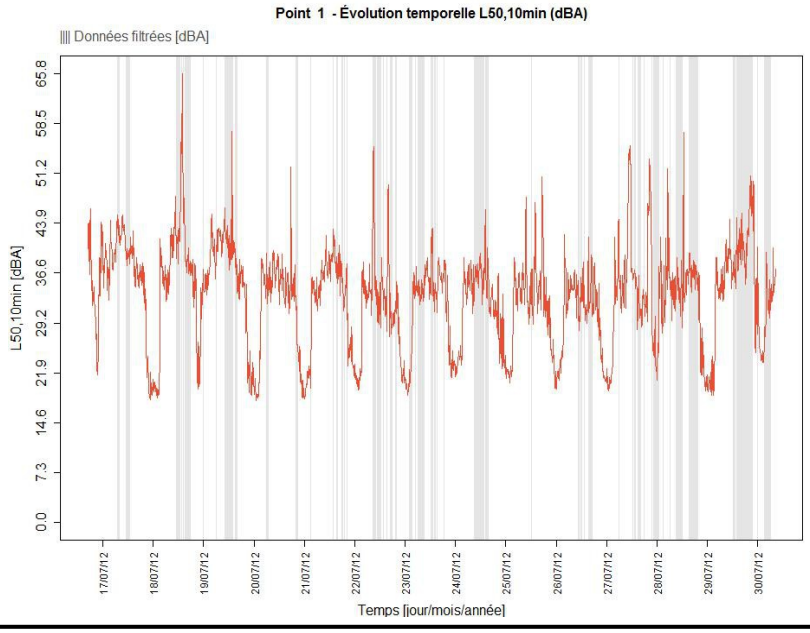
Point 1	PROJET EOLIEN DE FONTAINE-LES-VERVINS ET LAIGNY
Riverain	M. Moularde – 37 rue Beaurepaire – 02140 LAIGNY
Période de mesure	16/07/2012 → 30/07/2012
Sonomètre	Solo
Coordonnées GPS	N 49°51'30,3'' / E 003°52'06,5'' / Alt=182m

Photos, localisation du point de mesure et direction vers le parc éolien

Description du bruit résiduel

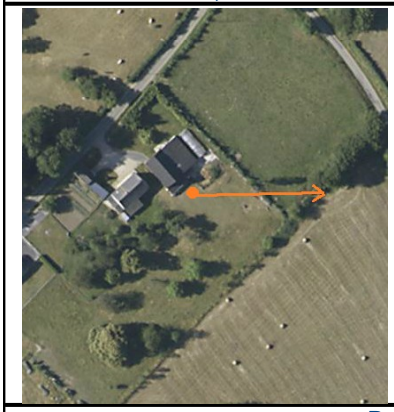
Degré de perception	Non perceptible	Perceptible	Assez perceptible	Très perceptible
Autres Parcs Éoliens	X			
Trafic routier		X		
Animaux/Insectes		X		
Arbres		X		

Niveau sonore résiduel – JOUR			Niveau sonore résiduel – NUIT		
Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)	Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)
3	209	34,4	**3**	110	24,4
4	192	35,5	**4**	71	33,1
5	124	36,8	**5**	50	36,2
6	126	39,7	**6**	18	37,1
7	0	/	**7**	0	/
8	0	/	**8**	0	/
9	0	/	**9**	0	/
10	0	/	**10**	0	/



Point 2	PROJET EOLIEN DE FONTAINE-LES-VERVINS ET LAIGNY
Riverain	M. Fontaine – 6 rue du bois de Laigny – 02140 LAIGNY
Période de mesure	16/07/2012 → 30/07/2012
Sonomètre	Solo
Coordonnées GPS	N 49°51'56,7" / E 003°51'42,4" / Alt=191m

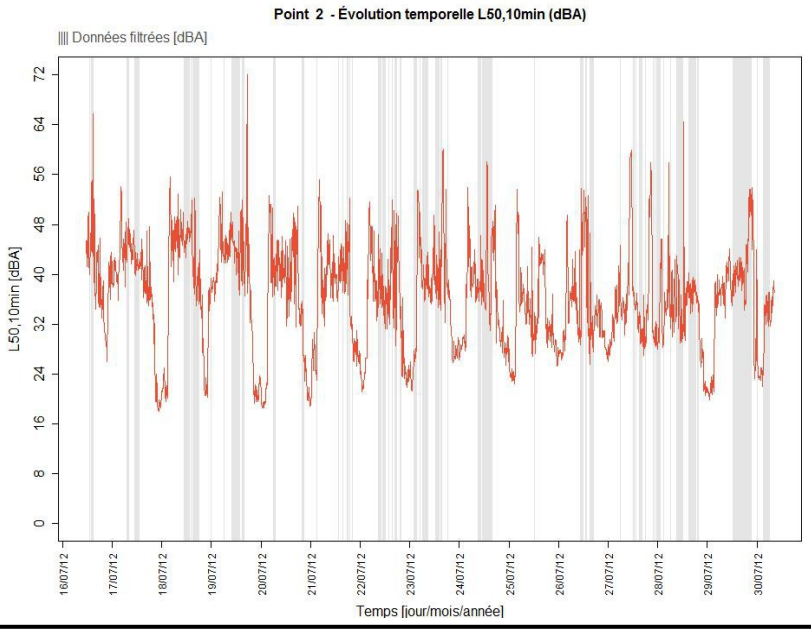
Photos, localisation du point de mesure et direction vers le parc éolien



Description du bruit résiduel

Degré de perception	Non perceptible	Perceptible	Assez perceptible	Très perceptible
Autres Parcs Éoliens	X			
Trafic routier		X		
Animaux/Insectes		X		
Arbres		X		

Niveau sonore résiduel – JOUR			Niveau sonore résiduel – NUIT		
Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)	Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)
3	209	37,5	**3**	110	27,9
4	192	37,2	**4**	71	30,8
5	139	38,8	**5**	50	38,6
6	134	42,7	**6**	18	40,0
7	0	/	**7**	0	/
8	0	/	**8**	0	/
9	0	/	**9**	0	/
10	0	/	**10**	0	/



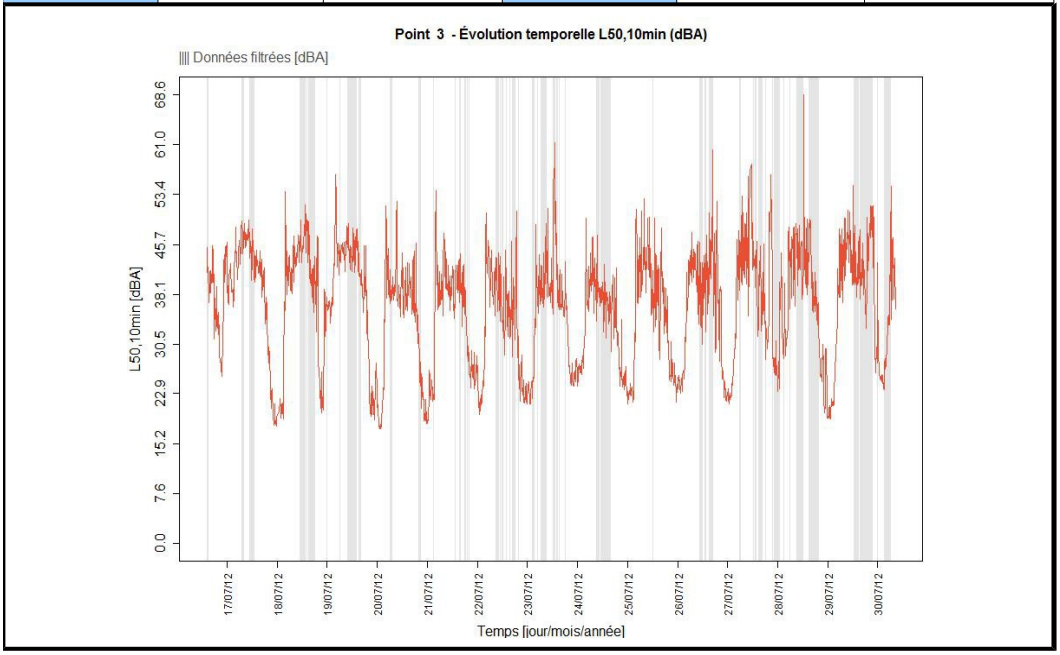
Point 3	PROJET EOLIEN DE FONTAINE-LES-VERVINS ET LAIGNY
Riverain	M. Morlet – 22 rue du bois de Laigny – 02140 LAIGNY
Période de mesure	16/07/2012 → 30/07/2012
Sonomètre	Solo
Coordonnées GPS	N 49°52'14,0" / E 003°52'03,1" / Alt=191m

Photos, localisation du point de mesure et direction vers le parc éolien

Description du bruit résiduel

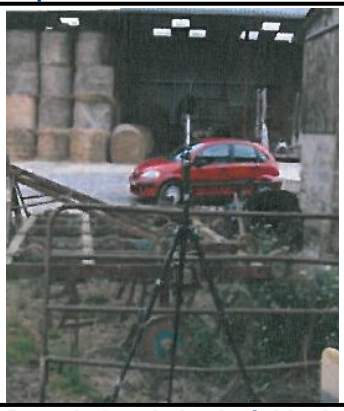
Degré de perception	Non perceptible	Perceptible	Assez perceptible	Très perceptible
Autres Parcs Éoliens	X			
Trafic routier		X		
Animaux/Insectes		X		
Arbres		X		

Niveau sonore résiduel – JOUR			Niveau sonore résiduel – NUIT		
Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)	Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)
3	209	39,4	**3**	110	25,2
4	192	39,0	**4**	71	28,9
5	135	40,0	**5**	50	36,6
6	126	43,3	**6**	18	38,8
7	0	/	**7**	0	/
8	0	/	**8**	0	/
9	0	/	**9**	0	/
10	0	/	**10**	0	/



Point 4	PROJET EOLIEN DE FONTAINE-LES-VERVINS ET LAIGNY
Riverain	M. Doyet – 14 la chaussée – 02580 ETREAUPONT
Période de mesure	17/07/2012 → 31/07/2012
Sonomètre	Solo
Coordonnées GPS	N 49°52'34,6" / E 003°54'16,0" / Alt=206m

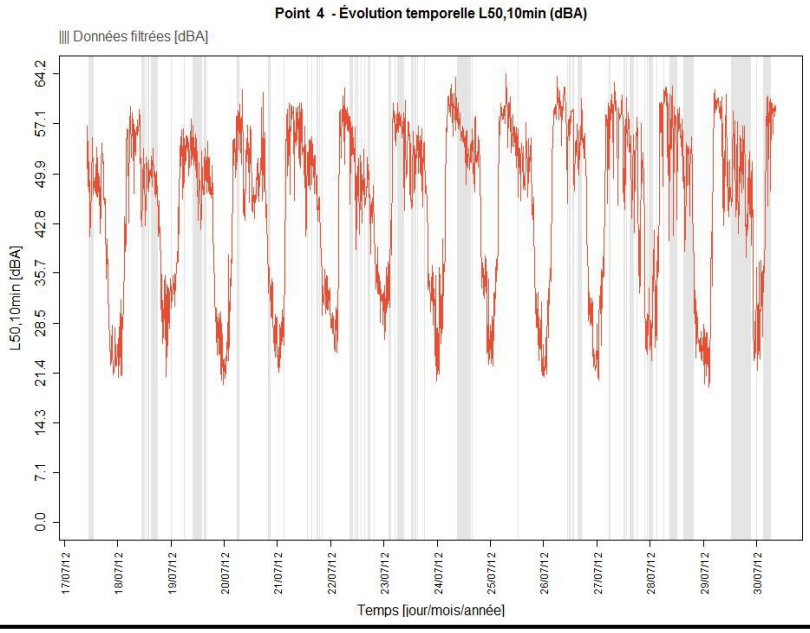
Photos, localisation du point de mesure et direction vers le parc éolien



Description du bruit résiduel

Degré de perception	Non perceptible	Perceptible	Assez perceptible	Très perceptible
Autres Parcs Éoliens	X			
Trafic routier				X
Animaux/Insectes		X		
Arbres		X		

Niveau sonore résiduel – JOUR			Niveau sonore résiduel – NUIT		
Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)	Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)
3	204	53,9	**3**	110	29,0
4	189	54,0	**4**	53	28,5
5	107	50,1	**5**	39	30,3
6	108	50,2	**6**	5	/
7	0	/	**7**	0	/
8	0	/	**8**	0	/
9	0	/	**9**	0	/
10	0	/	**10**	0	/



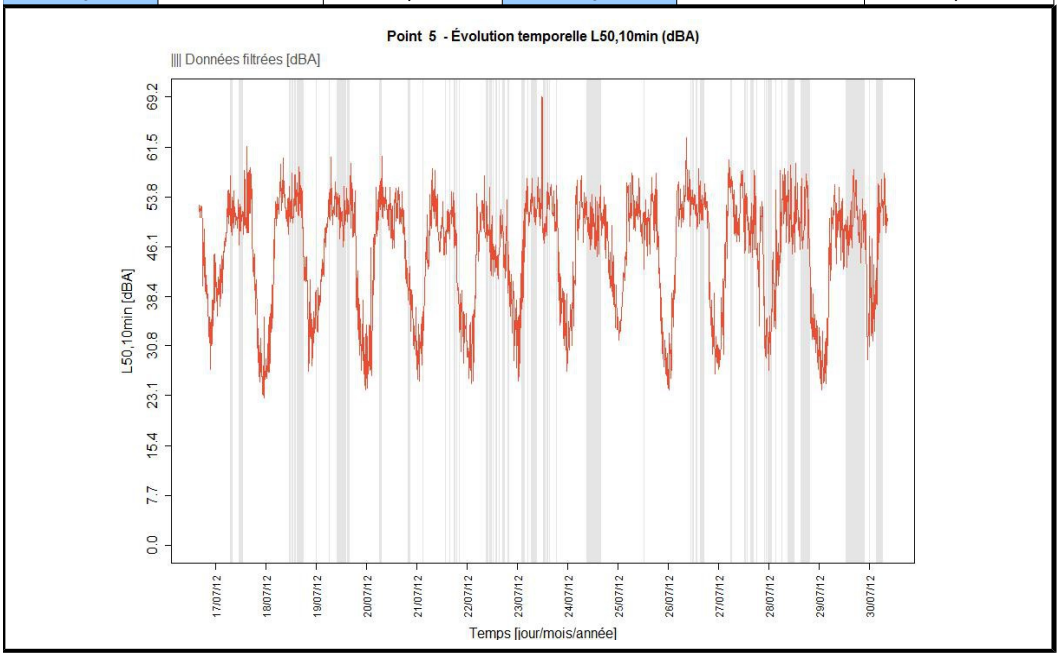
Point 5	PROJET EOLIEN DE FONTAINE-LES-VERVINS ET LAIGNY
Riverain	M. Debergh – 23 RN 2 – 02140 FONTAINE-LES-VERVINS
Période de mesure	16/07/2012 → 30/07/2012
Sonomètre	Solo
Coordonnées GPS	N 49°51'36,5" / E 003°54'03,8" / Alt=198m

Photos, localisation du point de mesure et direction vers le parc éolien

Description du bruit résiduel

Degré de perception	Non perceptible	Perceptible	Assez perceptible	Très perceptible
Autres Parcs Éoliens	X			
Trafic routier				X
Animaux/Insectes		X		
Arbres		X		

Niveau sonore résiduel – JOUR			Niveau sonore résiduel – NUIT		
Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)	Vréf10m (m/s)	Echantillons	Global (dBA)
3	209	50,6	**3**	110	34,4
4	192	50,4	**4**	71	35,1
5	129	49,6	**5**	50	38,5
6	126	51,3	**6**	18	42,6
7	0	/	**7**	0	/
8	0	/	**8**	0	/
9	0	/	**9**	0	/
10	0	/	**10**	0	/



5.3 Tableau synthèse des niveaux résiduels

Les niveaux résiduels obtenus sont cohérents avec un environnement rural (R1 à R3) qui présente un réseau routier à proximité (R4 à R5).

Nous pouvons constater que les niveaux sonores mesurés sont élevés dès les basses vitesses de vent et évoluent peu avec la vitesse de vent (R4 et R5).
En effet ce type d'évolution démontre la contribution de sources sonores peu corrélées à la vitesse de vent.
Il s'agit du trafic routier.

Les tableaux ci-dessous récapitulent les niveaux sonores résiduels :

Les valeurs en italique correspondent à des indicateurs estimés avec un nombre d'échantillons inférieur à 10.
Les valeurs en bleu correspondent aux valeurs du niveau résiduel de la classe 6m/s. Cette hypothèse de plafonner le niveau résiduel à la valeur obtenue à la classe 6m/s est conservatrice. (les émergences déduites pour les classes de vent supérieures sont ainsi maximisées).

JOUR									
Commune	Emplacement	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
LAIGNY	R1	34,4	35,5	36,8	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7
LAIGNY	R2	37,5	37,2	38,8	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
LAIGNY	R3	39,4	39,0	40,0	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3
ETREAUPONT	R4	53,9	54,0	50,1	50,2	50,2	50,2	50,2	50,2
FONTAINE-LES-VERVINS	R5	50,6	50,4	49,6	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3

Tableau 4: Niveaux résiduels diurnes - direction de vent 0° - 360°

NUIT									
Commune	Emplacement	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
LAIGNY	R1	24,4	33,1	36,2	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
LAIGNY	R2	27,9	30,8	38,6	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
LAIGNY	R3	25,2	28,9	36,6	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
ETREAUPONT	R4	29,0	28,5	30,3	*34,0*	34,0	34,0	34,0	34,0
FONTAINE-LES-VERVINS	R5	34,4	35,1	38,5	42,6	42,6	42,6	42,6	42,6

Tableau 5: Niveaux résiduels nocturnes - direction de vent 0° - 360°

6. Analyse de l'impact - présentation de la méthode

L'analyse prévisionnelle du projet se décompose en plusieurs phases:

- **L'analyse des émergences futures liées au projet d'extension**
  - Phase 1: A partir des niveaux résiduels mesurés et des contributions du projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny (7 éoliennes) , les émergences sonores sont calculées.
  - Phase 2: Si les émergences ne sont pas conformes au sens de l'arrêté du 26/08/2011, un plan de bridages sera mis en place.

- **L'analyse des tonalités marquées**
  - L'analyse est effectuée à partir des données de puissance acoustique fournies par le constructeur. S'il n'y a pas de tonalité marquée à la source, alors il n'y aura pas de tonalité marquée après propagation.

- **L'analyse du bruit ambiant maximal**
  - Le bruit maximal est estimé à partir de la contribution sonore maximale du projet et d'une évaluation du bruit résiduel maximal sur site.

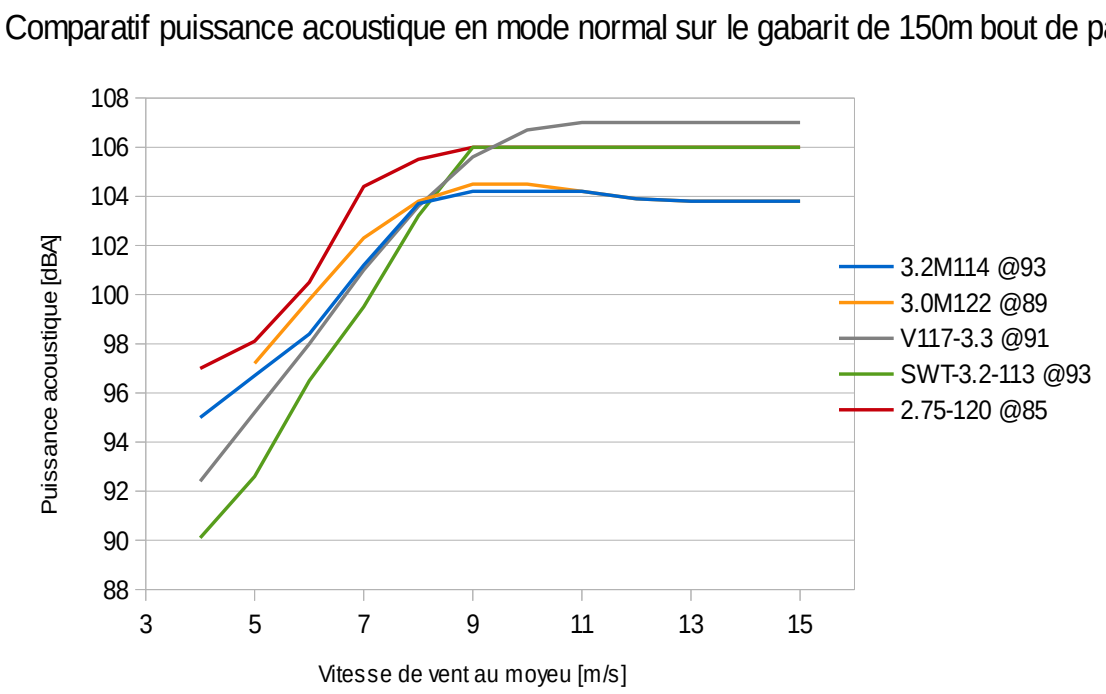
6.1 Recherche de la machine la plus impactante

Plusieurs modèles correspondant au gabarit cité dans les paragraphes précédents :

Constructeur	Modèle	Puissance (MW)	Hauteur mât (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur totale (m)
SENVION	3.2M114	3.2	93	114	150
SENVION	3.0M122	3.0	89	122	150
VESTAS	V117-3.3	3.3	91,5	117	150
SIEMENS	SWT-3.2-113	3.2	93	113	149
GE	2.75-120	2.75	85	120	145

Tableau 6: Les différents modèles de machines proposés

La recherche de la machine la plus impactante se base sur les données constructeurs de puissance acoustique en fonctionnement normal.
La plage de vitesse de vent à hauteur de moyeu où la probabilité de dépassement d'émergence est la plus forte se concentre entre les vitesses 6 m/s à 11 m/s (équivalent aux vitesses de vent de 4 m/s à 8 m/s en vitesse standardisée Vref).
L'éolienne GE 2.75-120 est la plus bruyante sur la plage 6 m/s à 9 m/s et la deuxième machine la plus bruyante sur la plage 9 m/s à 11 m/s. Au-delà de 9m/s, le bruit résiduel généré par le vent est élevé et masque le bruit des éoliennes.
Cette machine sera considérée comme la machine la plus impactante et donc utilisée pour les analyses qui suivent.



Remarque: Nous nous sommes interessés aux moyennes vitesses de vent à hauteur de moyeu (5 à 7m/s) car il s'agit de la zone de vitesse la plus critique.
En effet à ces vitesses, les éoliennes sont en fonctionnement et le niveau résiduel est relativement faible.
Au delà de 7m/s en moyenne, le niveau résiduel devient suffisamment important pour masquer le bruit des éoliennes. C'est pour cela que nous avons sélectionné la 2.75-120 bien que le niveau de puissance acoustique de la 2.75-120 soit inférieure à la V117-3.3 aux vitesses de vent supérieures à 9m/s.
La figure ci-dessous représente un exemple d'évolution du bruit d'une éolienne et du bruit résiduel au niveau d'une habitation. Elle provient d'une étude de l'AFFSET de Mars 2008 portant sur les impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes.

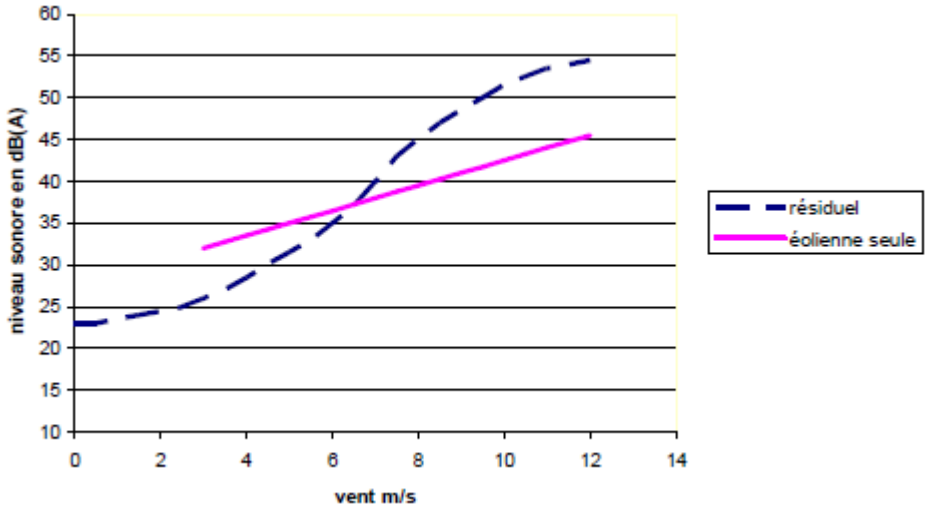


Figure 14: Exemple de comparaison entre le bruit résiduel et le bruit d'une éolienne

6.2 Présentation du modèle de calcul

L'estimation des niveaux sonores est réalisée à partir de la modélisation du site en **trois dimensions** à l'aide du logiciel **CADNAA**, logiciel développé par DataKustik en Allemagne, un des leaders mondiaux depuis plus de 25 ans dans le domaine du calcul de la dispersion acoustique.
Cette modélisation tient compte des émissions sonores de chacune des éoliennes (sources ponctuelles disposées à hauteur du moyeu) et de la propagation acoustique en trois dimensions selon la topographie du site (distance, hauteur, exposition directe ou indirecte), la nature du sol et l'absorption dans l'air.
La modélisation du site a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain en trois dimensions et les calculs ont été effectués avec la norme **ISO-9613** qui prend en compte les conditions météorologiques (hypothèse prise : 100% d'occurences météorologiques).

7. Analyse de l'impact

7.1 Hypothèses d'émissions des projets

L'étude acoustique a été réalisée en considérant les données d'émission des éoliennes suivantes :

- **GE 2.75-120** avec une hauteur de mât de 85m et un rotor de 120m de diamètre pour le projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny

Les émissions acoustiques utilisées dans les calculs de propagation correspondent aux valeurs globales établies à partir des spectres mesurés (données des différents constructeurs).

Vref 10 m/s	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	Global
3m/s	79,5	85,9	89,7	91,7	91,8	88,8	80,3	63,2	97,2
4m/s	81,9	88,3	92,1	94,1	94,2	91,2	82,7	65,6	99,6
5m/s	86,8	93,2	97,0	99,0	99,1	96,1	87,6	70,5	104,5
6m/s	88,3	94,7	98,5	100,5	100,6	97,6	89,1	72,0	106,0
7m/s	88,3	94,7	98,5	100,5	100,6	97,6	89,1	72,0	106,0
8m/s	88,3	94,7	98,5	100,5	100,6	97,6	89,1	72,0	106,0
9m/s	88,3	94,7	98,5	100,5	100,6	97,6	89,1	72,0	106,0
10m/s	88,3	94,7	98,5	100,5	100,6	97,6	89,1	72,0	106,0

Tableau 7: Puissances acoustiques modèle GE 2.75-120 en mode normal

7.2 Résultats des calculs de propagation acoustique

Les simulations informatiques en trois dimensions permettent de déterminer la contribution sonore de l'ensemble du parc éolien , selon les vitesses de fonctionnement.
Les calculs prévisionnels font apparaître des contributions sonores variables selon la vitesse du vent globalement comprises entre 28,9 (point R2) et 37,7 dB(A) (point R1).

Les niveaux les plus élevés sont observés pour les vitesses de vent supérieures ou égales à 6 m/s à 10 m du sol.
Les tableaux ci-dessous présentent les résultats des contributions du projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny.

Emplacement de mesure	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
R1	31,3	36,2	37,7	37,7	37,7	37,7	37,7
R2	28,9	33,8	35,3	35,3	35,3	35,3	35,3
R3	30,0	34,9	36,4	36,4	36,4	36,4	36,4
R31	30,8	35,6	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2
R4	29,2	34,1	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
R5	30,9	35,7	37,3	37,3	37,3	37,3	37,3

Tableau 8: Contributions des éoliennes GE 2.75-120

7.3 Estimation des émergences globales

Les émergences en ZER sur le niveau global sont calculées en exterieur, critère le plus contraignant. Les tableaux de synthèse sont présentés ci-après.
Les émergences non réglementaires sont traduites par des valeurs en rouge sur les tableaux suivants.
Les valeurs en vert ne nécessitent pas d'étude de l'émergence (Lambiant <35 dB(A)).

JOUR									
Commune	Emplacement	Type de bruit	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
LAIGNY	R1	Bruit residuel	35,5	36,8	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7
	R1	Bruit ambiant	36,9	39,5	41,8	41,8	41,8	41,8	41,8
	R1	**Emergence**	1,4	2,7	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
LAIGNY	R2	Bruit residuel	37,2	38,8	42,7	42,7	42,7	42,7	42,7
	R2	Bruit ambiant	37,8	40,0	43,4	43,4	43,4	43,4	43,4
	R2	**Emergence**	0,6	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
LAIGNY	R3	Bruit residuel	39,0	40,0	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3
	R3	Bruit ambiant	39,5	41,2	44,1	44,1	44,1	44,1	44,1
	R3	**Emergence**	0,5	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
LAIGNY	R31	Bruit residuel	39,0	40,0	43,3	43,3	43,3	43,3	43,3
	R31	Bruit ambiant	39,6	41,4	44,3	44,3	44,3	44,3	44,3
	R31	**Emergence**	0,6	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ETREAUPONT	R4	Bruit residuel	54,0	50,1	50,2	50,2	50,2	50,2	50,2
	R4	Bruit ambiant	54,0	50,2	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4
	R4	**Emergence**	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
FONTAINE-LES-VERVINS	R5	Bruit residuel	50,4	49,6	51,3	51,3	51,3	51,3	51,3
	R5	Bruit ambiant	50,4	49,8	51,5	51,5	51,5	51,5	51,5
	R5	**Emergence**	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Tableau 9: émergences extérieures diurnes pour un fonctionnement normal du projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny - direction du vent de 0° - 360°

NUIT									
Commune	Emplacement	Type de bruit	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
LAIGNY	R1	Bruit residuel	33,1	36,2	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
	R1	Bruit ambiant	35,3	39,2	40,4	40,4	40,4	40,4	40,4
	R1	**Emergence**	2,2	3,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
LAIGNY	R2	Bruit residuel	30,8	38,6	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	R2	Bruit ambiant	33,0	39,8	41,3	41,3	41,3	41,3	41,3
	R2	**Emergence**	2,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
LAIGNY	R3	Bruit residuel	28,9	36,6	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
	R3	Bruit ambiant	32,5	38,8	40,8	40,8	40,8	40,8	40,8
	R3	**Emergence**	3,6	2,2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
LAIGNY	R31	Bruit residuel	28,9	36,6	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
	R31	Bruit ambiant	33,0	39,2	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
	R31	**Emergence**	4,1	2,6	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
ETREAUPONT	R4	Bruit residuel	28,5	30,3	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
	R4	Bruit ambiant	31,9	35,6	37,9	37,9	37,9	37,9	37,9
	R4	**Emergence**	3,4	5,3	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
FONTAINE-LES-VERVINS	R5	Bruit residuel	35,1	38,5	42,6	42,6	42,6	42,6	42,6
	R5	Bruit ambiant	36,5	40,3	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
	R5	**Emergence**	1,4	1,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Tableau 10: émergences extérieures nocturnes pour un fonctionnement normal du projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny - direction du vent de 0° - 360°

Emergences globales en ZER par vent de secteur 0°-360°

<u>En période diurne:</u>
Conformité à tous les points de mesures aux classes de vitesses de vent de 4 à 10 m/s mesurées à 10 mètres de hauteur en mode de fonctionnement normal.

<u>En période nocture:</u>
On observe des non conformités aux emplacements R1 et R4 à partir de la classe de vitesse de vent de 5m/s mesurée à 10 mètres de hauteur en mode de fonctionnement normal (case de couleur rouge).

7.4 Fonctionnement optimisé

Les résultats montrent des dépassements d'émergences réglementaires en période nocture pour le projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny.
A partir de ces résultats, il est proposé un mode de fonctionnement optimisé qui consiste à brider, ou à arrêter si cela n'est pas suffisant, les éoliennes qui contribuent le plus aux nuisances sonores.
Les puissances acoustiques associées aux modes bridés sont precisées en annexe 7.

NUIT								
Vitesse à 80m de hauteur	3,5	4,9	6,3	7,7	9,1	10,4	11,8	13,2
Vitesse standardisée 10m de hauteur Eolienne	3	4	5	6	7	8	9	10
E1	Normal mode	Normal mode	Normal mode	NRO 104	NRO 104	NRO 104	NRO 104	NRO 104
E2	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E3	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E4	Normal mode	Normal mode	NRO 102	NRO 102	NRO 102	NRO 102	NRO 102	NRO 102
E5	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E6	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E7	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode

Estimation des émergences après bridages

Le tableau ci-dessous présente les émergences nocturnes après mise en place de bridages.

NUIT									
Commune	Emplacement	Type de bruit	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
LAIGNY	R1	Bruit residuel	33,1	36,2	37,1	37,1	37,1	37,1	37,1
	R1	Bruit ambiant	35,3	39,2	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	R1	**Emergence**	2,2	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
LAIGNY	R2	Bruit residuel	30,8	38,6	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
	R2	Bruit ambiant	33,0	39,8	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
	R2	**Emergence**	2,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
LAIGNY	R3	Bruit residuel	28,9	36,6	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
	R3	Bruit ambiant	32,5	38,8	40,7	40,7	40,7	40,7	40,7
	R3	**Emergence**	3,6	2,2	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
LAIGNY	R31	Bruit residuel	28,9	36,6	38,8	38,8	38,8	38,8	38,8
	R31	Bruit ambiant	33,0	39,2	41,1	41,1	41,1	41,1	41,1
	R31	**Emergence**	4,1	2,6	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
ETREAUPONT	R4	Bruit residuel	28,5	30,3	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
	R4	Bruit ambiant	31,9	34,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9
	R4	**Emergence**	3,4	4,6	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
FONTAINE-LES-VERVINS	R5	Bruit residuel	35,1	38,5	42,6	42,6	42,6	42,6	42,6
	R5	Bruit ambiant	36,5	40,3	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
	R5	**Emergence**	1,4	1,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Tableau 11: émergences extérieures nocturnes pour un fonctionnement optimisé du projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny - direction du vent de 0° - 360°

7.5 Estimation des tonalités marquées

Le guide d'étude d'impact éolien dans sa version provisoire de Septembre 2013 précise que :
≪[...]L'étude de tonalité pour une vitesse de vent peut suffire à répondre à la problématique. Cette étude de la tonalité marquée pourrait directement être étudiée sur le spectre de puissance acoustique donné par le constructeur [...] ≫
L'évaluation des tonalités marquées est réalisée à partir des mesures de puissances acoustiques fournies par le constructeur GE.

	GE 2,75-120 de 2,75MW – Mode Normal pour Vréf10m=8m/s – Mât de 85m											
		50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz
Lw (dBLin)		110,2	109,3	108,2	107,0	105,9	104,7	103,5	102,3	101,1	100,0	98,9
Émergence Tonale Autorisée		10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	5
Émergence Min Constatée		**1,4**	**1,7**	**-1,6**	**-1,8**	**-1,7**	**-1,8**	**-1,8**	**-1,8**	**-1,8**	**-1,7**	**-1,7**
Valide		OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz	2000 Hz	2500 Hz	3150 Hz	4000 Hz	5000 Hz	6300 Hz	8000 Hz
Lw (dBLin)	98	96,9	95,9	94,8	93,4	91,6	89,2	86,1	82,2	77,4	71,4	64,4
Émergence Tonale Autorisée	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Émergence Min Constatée	**-1,5**	**-1,6**	**-1,6**	**-1,6**	**-2,0**	**-2,6**	**-3,4**	**-4,5**	**-5,7**	**-7,2**	**-9,0**	**-11,0**
Valide	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI

Tableau 12: Evaluation de la tonalité marquée du modèle GE 2.75-120

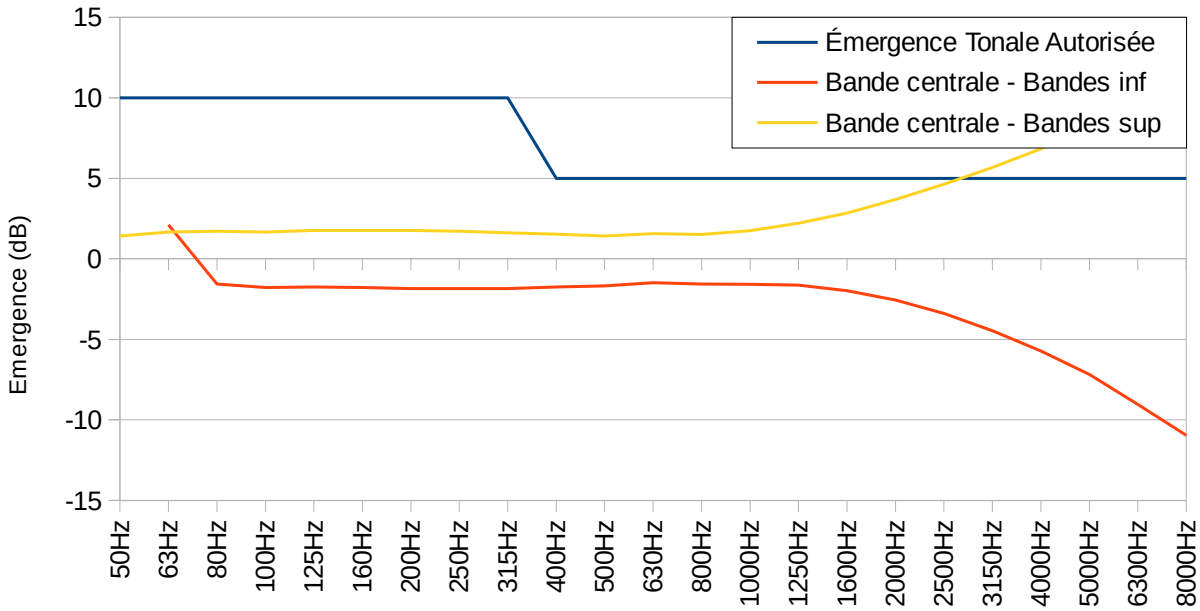


Figure 15: Représentation fréquentielle du critère de tonalité marquée du modèle GE 2.75-120

On constate une tonalité marquée lorsque les deux courbes jaune et rouge dépassent la ligne bleu pour la même fréquence.
Dans notre cas, le modèle d'éolienne ne présente pas de tonalité marquée.

7.6 Simulation du bruit maximal

Les machines considérées dans cette étude sont:

- Projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny: GE 2.75-120, mât de 85m et rotor de 120m

La législation impose des mesures de bruit ambiant à une distance de 1,2 fois la hauteur en bout de pale des machines.

Dans notre cas, la mesure doit donc être faite à:

- 174m pour le projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny

La simulation nous donne une **valeur maximale de la contribution inférieure à 50dB(A) à 174m** quand les machines fonctionnent à régime nominal (Vref10m=8 m/s).
Le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB(A) de jour et 60dB(A) de nuit.

Pour la période nuit, si la contribution des éoliennes est inférieure à 50dB(A), il faut un niveau résiduel supérieur à 60dB(A) pour dépasser la valeur limite de bruit de 60 dB(A). En effet, on considère que 50dB $\oplus$ 60 dB $\approx$60dB.

Si le niveau résiduel est supérieur à 60dB(A) de nuit, alors le critère de bruit maximal ne s'applique plus.
De ce fait, le bruit ambiant maximal à 174m des éoliennes ne devrait pas dépasser les 60 dB(A) de nuit. Le niveau maximal de jour est de 70dB(A), les explications données pour le cas nuit sont valables pour le cas jour.
Ci-après, une carte isophonique des contributions montre que les niveaux machines ne dépassent pas 50dB en périmètre d'installation.

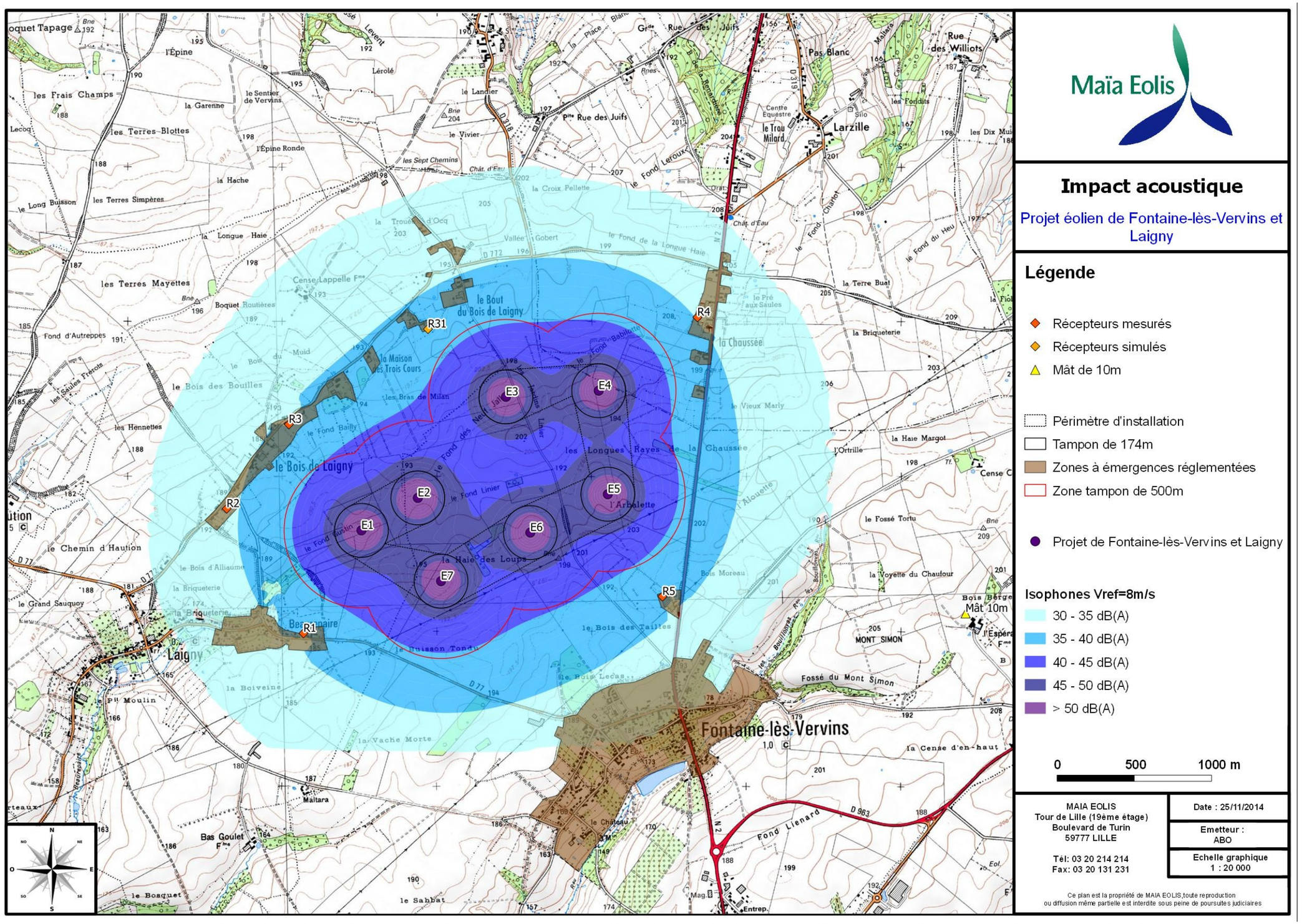


Figure 16: Carte des isophones de contributions pour un fonctionnement nominal à Vréf10m=8m/s avec le périmètre d'installation à 174m et la zone tampon de 500m autour des éoliennes

7.7 Effet cumulé

7.7.1 Contexte réglementaire

Dans le décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, il est précisé que:
"Une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus. Ces projets sont ceux, qui lors du dépôt de l'étude d'impact:

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R 214-6 et d'une enquête publique
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement a été rendu public."

7.7.2 Méthodologie du traitement de l'effet cumulé

Parc en exploitation d'un autre exploitant
La contribution du parc est naturellement integrée dans les mesures de bruits résiduels.
Les mesures peuvent être conservées telles quelles pour le calcul des émergences.

Parc en exploitation d'un même exploitant
Si la distance entre chaque emplacement de mesure et l'éolienne la plus proche est supérieure à 1,5km alors la contribution du parc est négligeable. Les mesures de résiduels peuvent être conservées telles quelles pour le calcul des émergences.
Si la distance entre chaque emplacement de mesure et l'éolienne la plus proche est inférieure à 1,5km alors le parc éolien doit être arrêtée et les mesures de résiduels conservées telles quelles pour le calcul des émergences.

Projet accordé ou en instruction avec avis de l'AE d'un même ou d'un autre exploitant
Si la distance entre chaque emplacement de mesure et l'éolienne la plus proche est supérieure à 1,5km alors la contribution du projet est négligeable. Les mesures de résiduels peuvent être conservées telles quelles pour le calcul des émergences.
Si la distance entre chaque emplacement de mesure et l'éolienne la plus proche est inférieure à 1,5km alors un calcul de contributions est réalisé et présenté en annexe. Les mesures de résiduels peuvent être conservées telles quelles pour le calcul des émergences.

7.7.3 Conclusion

Le projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny n'est pas concerné par un impact cumulé.

8. Conclusion

8.1 Analyse prévisionnelle

8.1.1 Emergences réglementaires - Bridages

Les émergences globales en ZER sont calculées à partir de la contribution des éoliennes (pour des vitesses de vent allant de 4 a 10 m/s) et du bruit existant determiné à partir des mesures sur site (selon les analyses L50 / vitesse du vent).

- Les émergences globales estimées de jour sont inférieures au seuil réglementaire de 5 dBA.
- Les émergences globales estimées de nuit sont supérieures au seuil réglementaire de 3 dBA.

De ce fait et dans le cas le plus défavorable, la mise en place d'un **bridage nocturne** des machines à partir de la classe 5 m/s permet de respecter le seuil de 3dBA la nuit.
Cette étude est réalisée en gabarit.
Le plan de fonctionnement sera donc amené à etre mis à jour en fonction des machines installées.

8.1.2 Tonalités marquées

L'évaluation de la tonalité marquée se fait en calculant les émergences spectrales entre les bandes en tiers d'octaves des puissances acoustiques Lw données par le constructeur.
Aucune tonalité marquée n'a été décelée sur les éoliennes en projet.
Aucune tonalité marquée ne sera donc perceptible en ZER.
En fonction de la machine retenue, le constructeur d'éoliennes s'engagera à fournir des machines sans tonalité marquée.

8.1.3 Niveaux de bruit ambiant

Les niveaux maximums de bruit ambiant sont évalués à partir de la contribution maximale à 1,2 fois la hauteur totale des éoliennes en projet.
Avec une contribution maximale inférieure à 50 dB(A) en périmètre d'installation, les niveaux maximums de bruit ambiant respecteront les exigences réglementaires de 60 dB(A) de nuit (période 22h-7h) et de 70 dB(A) de jour (période 7h-22h).
Cette analyse étant realisée dans le cas le plus défavorable, ce critère de bruit maximal sera donc respecté quelque soit la machine retenue sur ce projet.

8.2 Synthèse

En conclusion, l'analyse acoustique prévisionnelle fait apparaître que les seuils réglementaires admissibles seront respectés pour l'ensemble des ZER concernées par le projet de Fontaine-lès-Vervins et Laigny quelles que soient les périodes temporelles et les classes de vent après la mise en place d'un bridage nocturne.
Ce bridage pourra évoluer en fonction de la machine finalement retenue.

Le porteur de projet s'engage à réaliser une étude de réception acoustique dans la première année de mise en exploitation du parc.
Il est en effet préférable de prévoir un délai de 1 an à compter de la Mise en Service Industrielle afin d'engager la campagne de mesures in situ dans la période la plus favorable de l'année et ainsi recueillir le maximum d'échantillons sur les différentes classes de vent.

Annexe1 : Bibliographie

Documents venant d'industriels :

- ***Brüel & Kjaer :*** «Bruit de l'environnement » , 2000 [3,9,13]
- ***Neurelec* :** « le champ auditif humain » http://www.neurelec.com [1]
- ***Rockwool* : «** Pondération A » http://www.fr.rockwool.be [2]

Documents venant de sites internet :

- ***Bruxelles environnement :*** « Cours de bases acoustiques » http://www.bruxellesenvironnement.be [8,11,12]
- ***Journal Officiel de la République Française*** : Arrêté du 26/08/2011 (annexe 2)
- **Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens** : Actualisation 2010
- ***AFSSET*** :"Impacts sanitaires du bruit généré par des éoliennes"
  saisine n°2006-005 - mars 2008
- Autres sites traitant d'acoustique [4]
- ADEME [6]

Documents venants d'études acoustiques faites par des bureaux d'études indépendants :

- ***GAMBA:*** « Exemples de niveaux infrasonores » [7]
- ***Acouphen Environnement :*** « Calcul de la vitesse de vent standardisée à 10m » [14]
- ***Adingénierie :*** « Schéma sur l'émergence » [5]
- ***G. Belhouse – Bel Acoustic Consulting :*** « Low frequency noise and infrasound from wind turbine generators » – 2004

Chercheur :

- ***P.M. Nelson, Bsc,PhD, FIOA, «Transportation Noise Reference Book », Butterworth & Co, 1987 :*** « influence de la variation verticale de la température sur la propagation du son » [10]

Annexe2 : Arrêté du 26/08/2011

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

Arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

NOR : *DEVP1119348A*

La ministre de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement,

Vu la directive 2006/42/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 mai 2006 relative aux machines ;

Vu le code de l'environnement, notamment le titre Ier de son livre V ;

Vu le code de l'aviation civile ;

Vu le code des transports ;

Vu le code de la construction et de l'habitation ;

Vu l'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement ;

Vu l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;

Vu l'arrêté du 10 mai 2000 relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ;

Vu l'arrêté du 10 octobre 2000 fixant la périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques au titre de la protection des travailleurs ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications ;

Vu l'avis des organisations professionnelles concernées ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques du 28 juin 2011 ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de l'énergie du 8 juillet 2011,

Arrête :

Art. 1er. – Le présent arrêté est applicable aux installations soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées.

L'ensemble des dispositions du présent arrêté s'appliquent aux installations pour lesquelles une demande d'autorisation est déposée à compter du lendemain de la publication du présent arrêté ainsi qu'aux extensions ou modifications d'installations existantes régulièrement mises en service nécessitant le dépôt d'une nouvelle demande d'autorisation en application de l'article R. 512-33 du code de l'environnement au-delà de cette même date. Ces installations sont dénommées « nouvelles installations » dans la suite du présent arrêté.

Pour les installations ayant fait l'objet d'une mise en service industrielle avant le 13 juillet 2011, celles ayant obtenu un permis de construire avant cette même date ainsi que celles pour lesquelles l'arrêté d'ouverture d'enquête publique a été pris avant cette même date, dénommées « installations existantes » dans la suite du présent arrêté :

– les dispositions des articles de la section 4, de l'article 22 et des articles de la section 6 sont applicables au 1er janvier 2012 ;

– les dispositions des articles des sections 2, 3 et 5 (à l'exception de l'article 22) ne sont pas applicables aux installations existantes.

Section 1

Généralités

Art. 2. – Au sens du présent arrêté, on entend par :

Point de raccordement : point de connexion de l'installation au réseau électrique. Il peut s'agir entre autres d'un poste de livraison ou d'un poste de raccordement. Il constitue la limite entre le réseau électrique interne et externe.

Mise en service industrielle : phase d'exploitation suivant la période d'essais et correspondant à la première fois que l'installation produit de l'électricité injectée sur le réseau de distribution.

Survitesse : vitesse de rotation des parties tournantes (rotor constitué du moyeu et des pales ainsi que la ligne d'arbre jusqu'à la génératrice) supérieure à la valeur maximale indiquée par le constructeur.

Aérogénérateur : dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité, composé des principaux éléments suivants : un mât, une nacelle, le rotor auquel sont fixées les pales, ainsi que, le cas échéant, un transformateur.

Emergence : la différence entre les niveaux de pression acoustiques pondérés « A » du bruit ambiant (installation en fonctionnement) et du bruit résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation).

Zones à émergence réglementée :

- l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse) ;
- les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles ou à la date du permis de construire pour les installations existantes ;
- l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers qui ont fait l'objet d'une demande de permis de construire, dans les zones constructibles définies ci-dessus, et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles, lorsque la demande de permis de construire a été déposée avant la mise en service industrielle de l'installation.

Périmètre de mesure du bruit de l'installation : périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit :

$$R = 1{,}2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor})$$

Section 2

Implantation

Art. 3. – L'installation est implantée de telle sorte que les aérogénérateurs sont situés à une distance minimale de :

500 mètres de toute construction à usage d'habitation, de tout immeuble habité ou de toute zone destinée à l'habitation telle que définie dans les documents d'urbanisme opposables en vigueur au 13 juillet 2010 ;

300 mètres d'une installation nucléaire de base visée par l'article 28 de la loi n° 2006-686 du 13 juin 2006 relative à la transparence et à la sécurité en matière nucléaire ou d'une installation classée pour l'environnement soumise à l'arrêté du 10 mai 2000 susvisé en raison de la présence de produits toxiques, explosifs, comburants et inflammables.

Cette distance est mesurée à partir de la base du mât de chaque aérogénérateur.

Art. 4. – L'installation est implantée de façon à ne pas perturber de manière significative le fonctionnement des radars et des aides à la navigation utilisés dans le cadre des missions de sécurité de la navigation aérienne et de sécurité météorologique des personnes et des biens.

A cette fin, les aérogénérateurs sont implantés dans le respect des distances minimales d'éloignement indiquées ci-dessous sauf si l'exploitant dispose de l'accord écrit du ministère en charge de l'aviation civile, de l'établissement public chargé des missions de l'Etat en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens ou de l'autorité portuaire en charge de l'exploitation du radar.

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radar météorologique	
Radar de bande de fréquence C Radar de bande de fréquence S Radar de bande de fréquence X	20 30 10
Radar de l'aviation civile	
Radar primaire	30

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radar secondaire VOR (Visual Omni Range)	16 15
Radar des ports (navigations maritimes et fluviales)	
Radar portuaire Radar de centre régional de surveillance et de sauvetage	20 10

En outre, les perturbations générées par l'installation ne gênent pas de manière significative le fonctionnement des équipements militaires. A cette fin, l'exploitant implante les aérogénérateurs selon une configuration qui fait l'objet d'un accord écrit des services de la zone aérienne de défense compétente sur le secteur d'implantation de l'installation concernant le projet d'implantation de l'installation.

Les distances d'éloignement indiquées ci-dessus feront l'objet d'un réexamen dans un délai n'excédant pas dix-huit mois en fonction des avancées technologiques obtenues.

Art. 5. – Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment.

Art. 6. – L'installation est implantée de telle sorte que les habitations ne sont pas exposées à un champ magnétique émanant des aérogénérateurs supérieur à 100 microteslas à 50-60 Hz.

Section 3

Dispositions constructives

Art. 7. – Le site dispose en permanence d'une voie d'accès carrossable au moins pour permettre l'intervention des services d'incendie et de secours.

Cet accès est entretenu.

Les abords de l'installation placés sous le contrôle de l'exploitant sont maintenus en bon état de propreté.

Art. 8. – L'aérogénérateur est conforme aux dispositions de la norme NF EN 61 400-1 dans sa version de juin 2006 ou CEI 61 400-1 dans sa version de 2005 ou toute norme équivalente en vigueur dans l'Union européenne, à l'exception des dispositions contraires aux prescriptions du présent arrêté. L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

En outre l'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les justificatifs démontrant que chaque aérogénérateur de l'installation est conforme aux dispositions de l'article R. 111-38 du code de la construction et de l'habitation.

Art. 9. – L'installation est mise à la terre. Les aérogénérateurs respectent les dispositions de la norme IEC 61 400-24 (version de juin 2010). L'exploitant tient à disposition de l'inspection des installations classées les rapports des organismes compétents attestant de la conformité des aérogénérateurs à la norme précitée.

Les opérations de maintenance incluent un contrôle visuel des pales et des éléments susceptibles d'être impactés par la foudre.

Art. 10. – Les installations électriques à l'intérieur de l'aérogénérateur respectent les dispositions de la directive du 17 mai 2006 susvisée qui leur sont applicables.

Les installations électriques extérieures à l'aérogénérateur sont conformes aux normes NFC 15-100 (version compilée de 2008), NFC 13-100 (version de 2001) et NFC 13-200 (version de 2009). Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état et sont contrôlées avant la mise en service industrielle puis à une fréquence annuelle, après leur installation ou leur modification par une personne compétente. La périodicité, l'objet et l'étendue des vérifications des installations électriques ainsi que le contenu des rapports relatifs auxdites vérifications sont fixés par l'arrêté du 10 octobre 2000 susvisé.

Art. 11. – Le balisage de l'installation est conforme aux dispositions prises en application des articles L. 6351-6 et L. 6352-1 du code des transports et des articles R. 243-1 et R. 244-1 du code de l'aviation civile.

Section 4

Exploitation

Art. 12. – Au moins une fois au cours des trois premières années de fonctionnement de l'installation puis une fois tous les dix ans, l'exploitant met en place un suivi environnemental permettant notamment d'estimer la mortalité de l'avifaune et des chiroptères due à la présence des aérogénérateurs.

Lorsqu'un protocole de suivi environnemental est reconnu par le ministre chargé des installations classées, le suivi mis en place par l'exploitant est conforme à ce protocole.

Ce suivi est tenu à disposition de l'inspection des installations classées.

Art. 13. – Les personnes étrangères à l'installation n'ont pas d'accès libre à l'intérieur des aérogénérateurs.

Les accès à l'intérieur de chaque aérogénérateur, du poste de transformation, de raccordement ou de livraison sont maintenus fermés à clef afin d'empêcher les personnes non autorisées d'accéder aux équipements.

Art. 14. – Les prescriptions à observer par les tiers sont affichées soit en caractères lisibles, soit au moyen de pictogrammes sur un panneau sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur, sur le poste de livraison et, le cas échéant, sur le poste de raccordement. Elles concernent notamment :

– les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale ;

– l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur ;

– la mise en garde face aux risques d'électrocution ;

– la mise en garde, le cas échéant, face au risque de chute de glace.

Art. 15. – Avant la mise en service industrielle d'un aérogénérateur, l'exploitant réalise des essais permettant de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble des équipements. Ces essais comprennent :

– un arrêt ;

– un arrêt d'urgence ;

– un arrêt depuis un régime de survitesse ou une simulation de ce régime.

Suivant une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant réalise une vérification de l'état fonctionnel des équipements de mise à l'arrêt, de mise à l'arrêt d'urgence et de mise à l'arrêt depuis un régime de survitesse en application des préconisations du constructeur de l'aérogénérateur.

Art. 16. – L'intérieur de l'aérogénérateur est maintenu propre. L'entreposage à l'intérieur de l'aérogénérateur de matériaux combustibles ou inflammables est interdit.

Art. 17. – Le fonctionnement de l'installation est assuré par un personnel compétent disposant d'une formation portant sur les risques présentés par l'installation, ainsi que sur les moyens mis en œuvre pour les éviter. Il connaît les procédures à suivre en cas d'urgence et procède à des exercices d'entraînement, le cas échéant, en lien avec les services de secours.

Art. 18. – Trois mois, puis un an après la mise en service industrielle, puis suivant une périodicité qui ne peut excéder trois ans, l'exploitant procède à un contrôle de l'aérogénérateur consistant en un contrôle des brides de fixations, des brides de mât, de la fixation des pales et un contrôle visuel du mât.

Selon une périodicité qui ne peut excéder un an, l'exploitant procède à un contrôle des systèmes instrumentés de sécurité.

Ces contrôles font l'objet d'un rapport tenu à la disposition de l'inspection des installations classées.

Art. 19. – L'exploitant dispose d'un manuel d'entretien de l'installation dans lequel sont précisées la nature et les fréquences des opérations d'entretien afin d'assurer le bon fonctionnement de l'installation. L'exploitant tient à jour pour chaque installation un registre dans lequel sont consignées les opérations de maintenance ou d'entretien et leur nature, les défaillances constatées et les opérations correctives engagées.

Art. 20. – L'exploitant élimine ou fait éliminer les déchets produits dans des conditions propres à garantir les intérêts mentionnés à l'article L. 511-1 du code de l'environnement. Il s'assure que les installations utilisées pour cette élimination sont régulièrement autorisées à cet effet.

Le brûlage des déchets à l'air libre est interdit.

Art. 21. – Les déchets non dangereux (par exemple bois, papier, verre, textile, plastique, caoutchouc) et non souillés par des produits toxiques ou polluants sont récupérés, valorisés ou éliminés dans des installations autorisées.

Les seuls modes d'élimination autorisés pour les déchets d'emballage sont la valorisation par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux utilisables ou de l'énergie. Cette disposition n'est pas applicable aux détenteurs de déchets d'emballage qui en produisent un volume hebdomadaire inférieur à 1 100 litres et qui les remettent au service de collecte et de traitement des collectivités.

Section 5

Risques

Art. 22. – Des consignes de sécurité sont établies et portées à la connaissance du personnel en charge de l'exploitation et de la maintenance. Ces consignes indiquent :

– les procédures d'arrêt d'urgence et de mise en sécurité de l'installation ;

– les limites de sécurité de fonctionnement et d'arrêt ;

– les précautions à prendre avec l'emploi et le stockage de produits incompatibles ;

– les procédures d'alertes avec les numéros de téléphone du responsable d'intervention de l'établissement, des services d'incendie et de secours.

Les consignes de sécurité indiquent également les mesures à mettre en œuvre afin de maintenir les installations en sécurité dans les situations suivantes : survitesse, conditions de gel, orages, tremblements de terre, haubans rompus ou relâchés, défaillance des freins, balourd du rotor, fixations détendues, défauts de lubrification, tempêtes de sable, incendie ou inondation.

Art. 23. – Chaque aérogénérateur est doté d'un système de détection qui permet d'alerter, à tout moment, l'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné, en cas d'incendie ou d'entrée en survitesse de l'aérogénérateur.

L'exploitant ou un opérateur qu'il aura désigné est en mesure de transmettre l'alerte aux services d'urgence compétents dans un délai de quinze minutes suivant l'entrée en fonctionnement anormal de l'aérogénérateur.

L'exploitant dresse la liste de ces détecteurs avec leur fonctionnalité et détermine les opérations d'entretien destinées à maintenir leur efficacité dans le temps.

Art. 24. – Chaque aérogénérateur est doté de moyens de lutte contre l'incendie appropriés aux risques et conformes aux normes en vigueur, notamment :

– d'un système d'alarme qui peut être couplé avec le dispositif mentionné à l'article 23 et qui informe l'exploitant à tout moment d'un fonctionnement anormal. Ce dernier est en mesure de mettre en œuvre les procédures d'arrêt d'urgence mentionnées à l'article 22 dans un délai de soixante minutes ;
– d'au moins deux extincteurs situés à l'intérieur de l'aérogénérateur, au sommet et au pied de celui-ci. Ils sont positionnés de façon bien visible et facilement accessibles. Les agents d'extinction sont appropriés aux risques à combattre. Cette disposition ne s'applique pas aux aérogénérateurs ne disposant pas d'accès à l'intérieur du mât.

Art. 25. – Chaque aérogénérateur est équipé d'un système permettant de détecter ou de déduire la formation de glace sur les pales de l'aérogénérateur. En cas de formation importante de glace, l'aérogénérateur est mis à l'arrêt dans un délai maximal de soixante minutes. L'exploitant définit une procédure de redémarrage de l'aérogénérateur en cas d'arrêt automatique lié à la présence de glace sur les pales. Cette procédure figure parmi les consignes de sécurité mentionnées à l'article 22.

Lorsqu'un référentiel technique permettant de déterminer l'importance de glace formée nécessitant l'arrêt de l'aérogénérateur est reconnu par le ministre des installations classées, l'exploitant respecte les règles prévues par ce référentiel.

Cet article n'est pas applicable aux installations implantées dans les départements où les températures hivernales ne sont pas inférieures à 0 °C.

Section 6

Bruit

Art. 26. – L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solidienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage.

Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

NIVEAU DE BRUIT AMBIANT EXISTANT dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'installation	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 7 heures à 22 heures	ÉMERGENCE ADMISSIBLE POUR LA PÉRIODE allant de 22 heures à 7 heures
Sup à 35 dB (A)	5 dB (A)	3 dB (A)

Les valeurs d'émergence mentionnées ci-dessus peuvent être augmentées d'un terme correctif en dB (A), fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit de l'installation égal à :

Trois pour une durée supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures ;

Deux pour une durée supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures ;

Un pour une durée supérieure à quatre heures et inférieure ou égale à huit heures ;

Zéro pour une durée supérieure à huit heures.

En outre, le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB (A) pour la période jour et de 60 dB (A) pour la période nuit. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2. Lorsqu'une zone à émergence réglementée se situe à l'intérieur du périmètre de mesure du bruit, le niveau de bruit maximal est alors contrôlé pour chaque aérogénérateur de l'installation à la distance R définie à l'article 2. Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne définies dans le tableau ci-dessus.

Lorsque plusieurs installations classées, soumises à autorisation au titre de rubriques différentes, sont exploitées par un même exploitant sur un même site, le niveau de bruit global émis par ces installations respecte les valeurs limites ci-dessus.

Art. 27. – Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué.

L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Art. 28. – Lorsque des mesures sont effectuées pour vérifier le respect des présentes dispositions, elles sont effectuées selon les dispositions de la norme NF 31-114 dans sa version en vigueur six mois après la publication du présent arrêté ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.

Art. 29. – Après le deuxième alinéa de l'article 1er de l'arrêté du 23 janvier 1997 susvisé, il est inséré un alinéa rédigé comme suit :

« – des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent soumises à autorisation au titre de la rubrique 2980 mentionnées par l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement. »

Art. 30. – Après le neuvième alinéa de l'article 1er de l'arrêté du 2 février 1998 susvisé, il est inséré un alinéa rédigé comme suit :

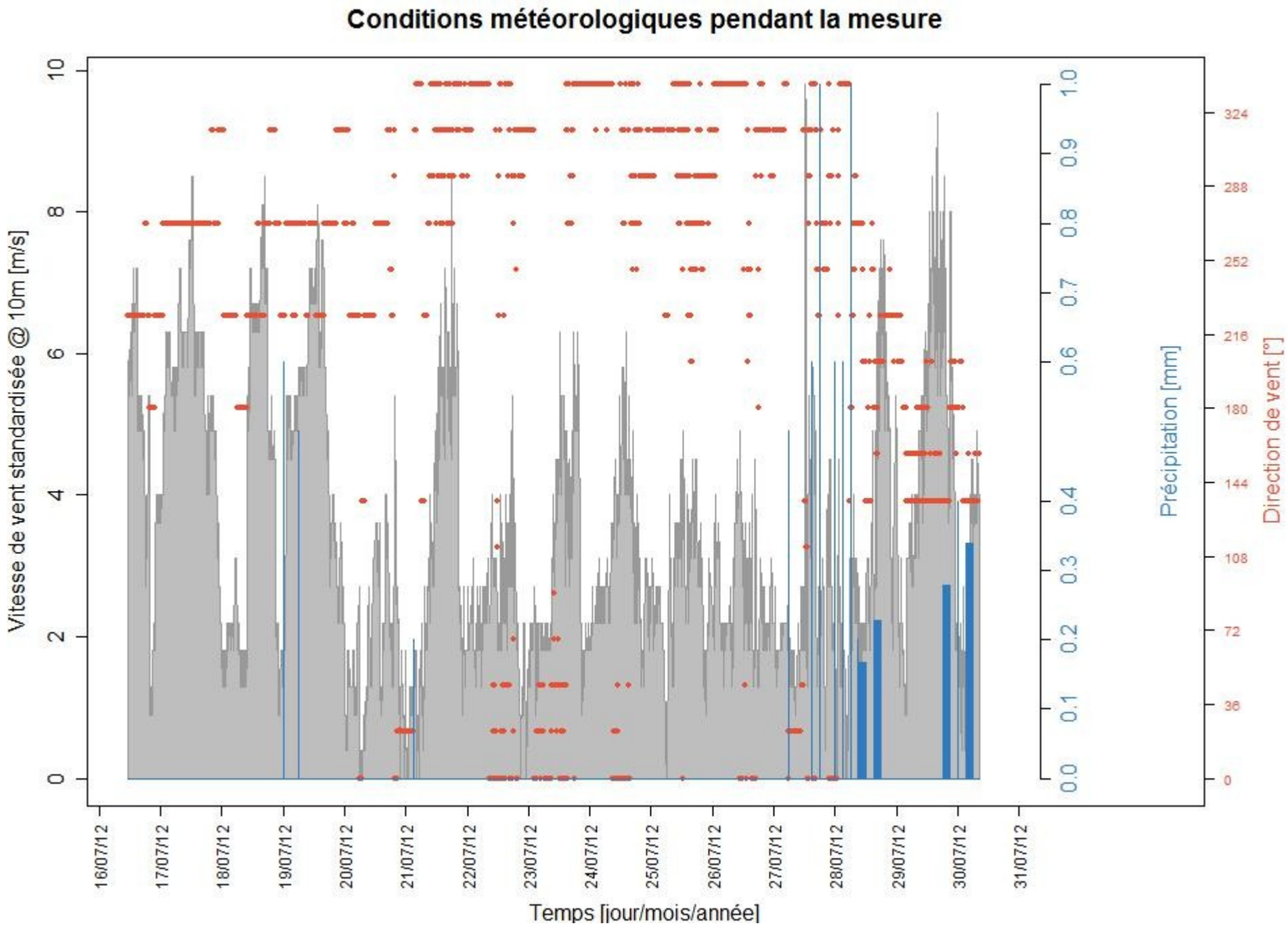
« – des installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent ; ».

Art. 31. – Le directeur général de la prévention des risques est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 26 août 2011.

Pour la ministre et par délégation :
Le directeur général
de la prévention des risques,
L. MICHEL

Annexe3 : Conditions météorologiques pendant les mesures



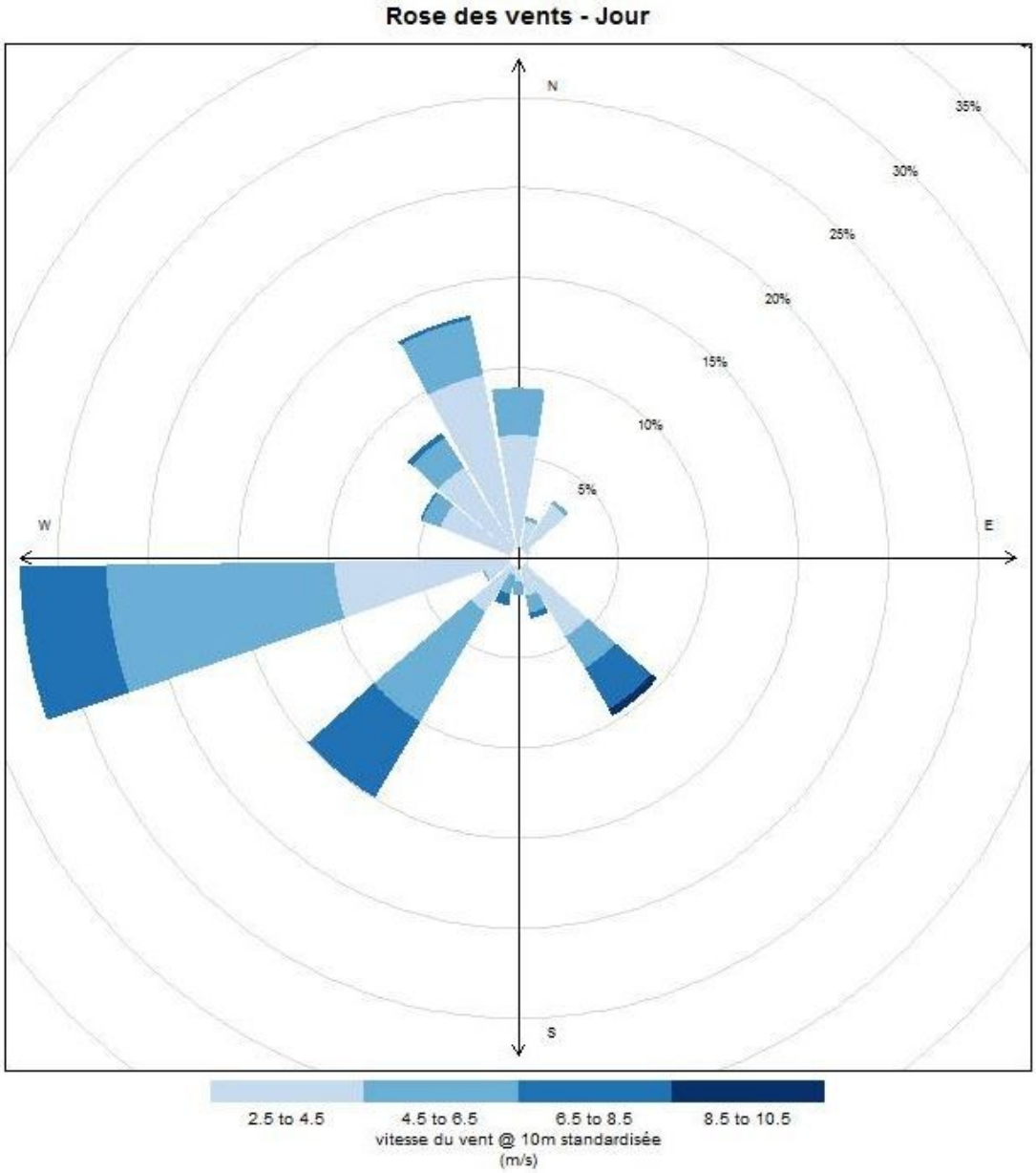


Figure 17: Rose des vents diurne (secteurs de 20 degrés) pendant la campagne. Mesure de la vitesse et de la direction du vent sur le mât de 10m

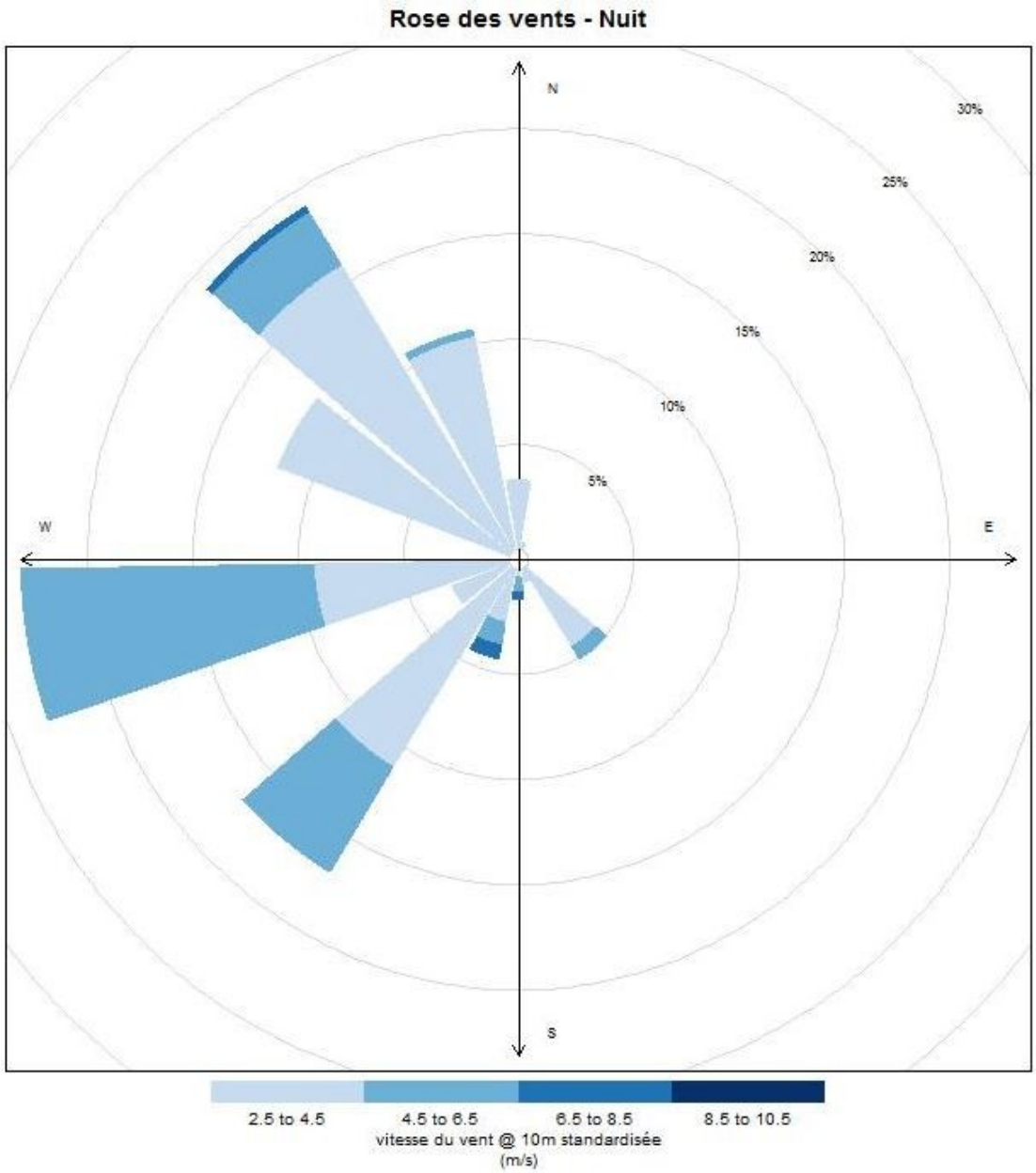


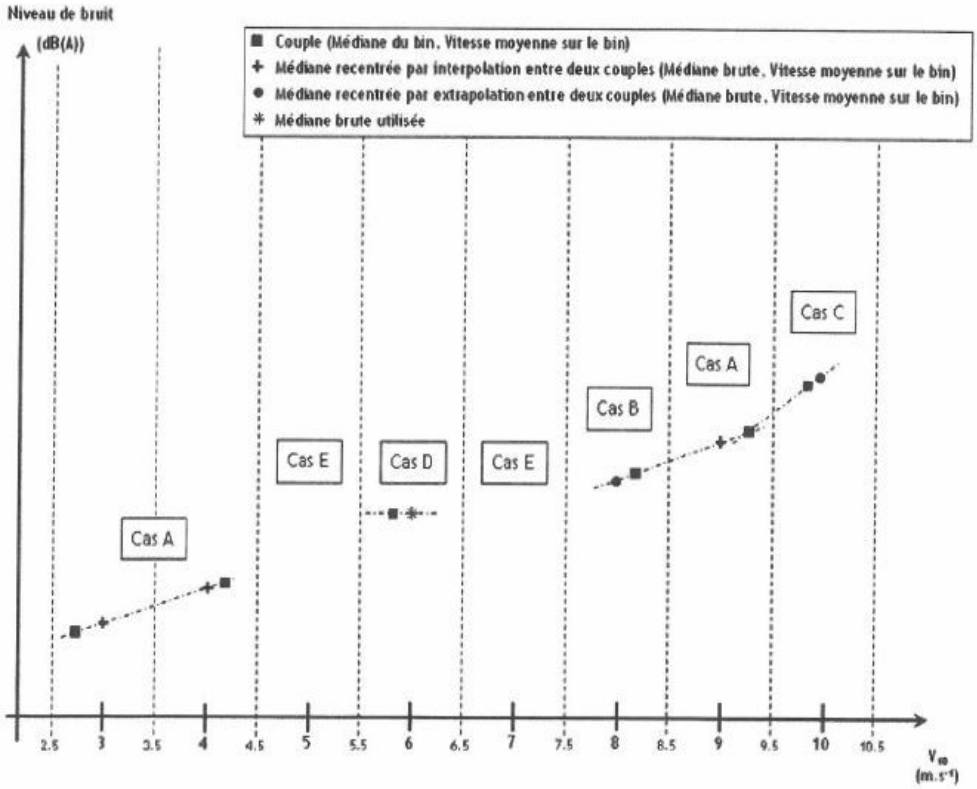
Figure 18: Rose des vents nocturne (secteurs de 20 degrés) pendant la campagne. Mesure de la vitesse et de la direction du vent sur le mât de 10m

Annexe4 : Méthode de calcul des indicateurs de bruit

La totalité des points a été analysé suivant la méthodologie décrite par la norme NFS 31-114. Voici la méthodologie employée pour le calcul des médianes recentrées:

" Pour chaque valeur de vitesse de vent entière, l'indicateur sonore sera déterminé par interpolation linéaire entre les couples (vitesse moyenne, indicateur sonore brut) (cf figure ci-dessous) :

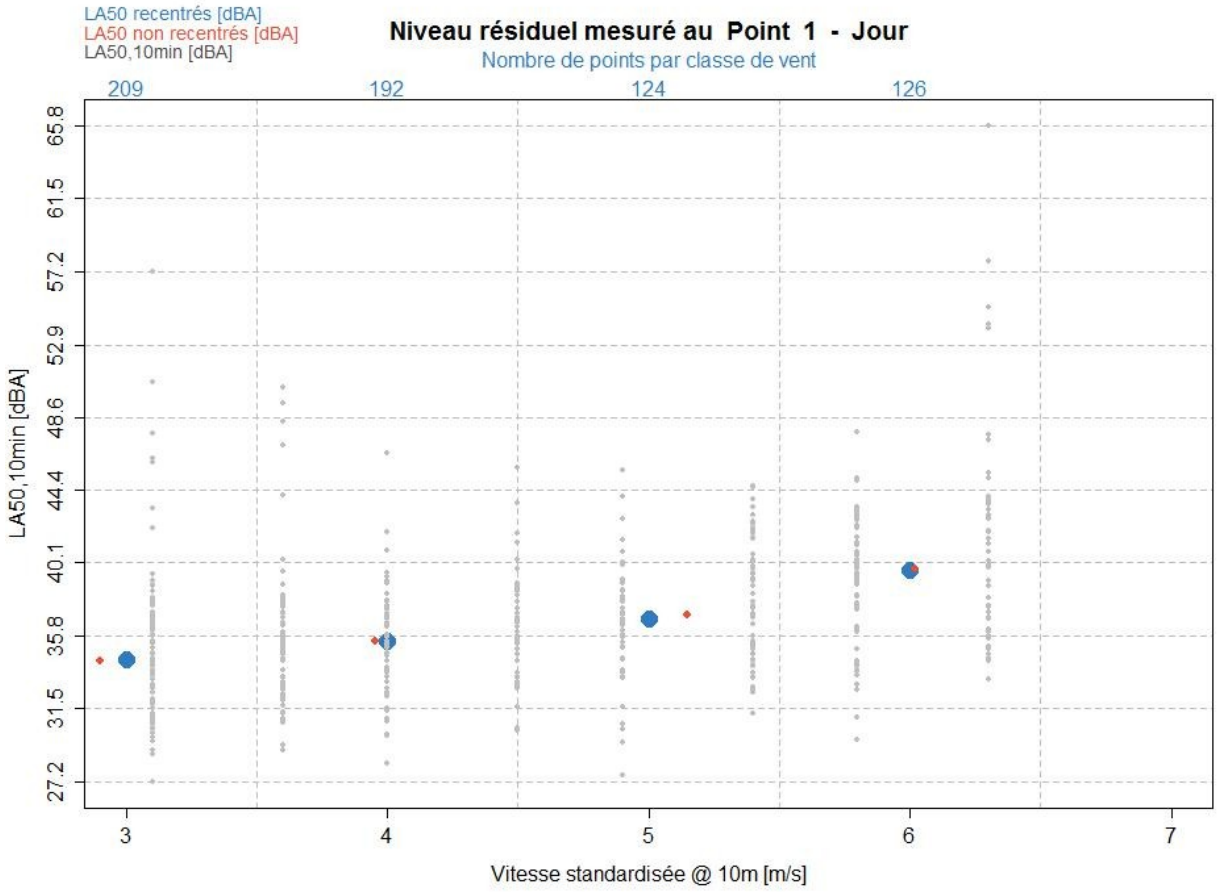
- Cas A = cas classique : La médiane recentrée est obtenue par interpolation linéaire entre les couples (vitesse moyenne, indicateur sonore brut: L50,10min).
- Cas B : Si la moyenne des vitesses de vent d'une classe est inférieure à la vitesse entière de la classe, et que cette classe est la plus haute ou que les données de la classe supérieure sont inexploitables car trop peu nombreuses, l'extrapolation à la vitesse entière de la classe considérée est possible.
- Cas C : De la même manière, si la moyenne des vitesses de vent d'une classe est supérieure à la vitesse entière de la classe, et que cette classe est la plus basse ou que les données de la classe inférieure sont inexploitables car trop peu nombreuses, l'extrapolation à la vitesse entière de la classe considérée est possible.
- Cas D : Si aucune classe de vitesse n'est contigüe à la classe de vitesse considérée, aucune interpolation ni extrapolation ne sera menée, l'indicateur sonore correspondant à la classe de vitesse de vent entière est considéré égal à l'indicateur sonore brut.
- Cas E : Si le nombre d'intervalles de base exploitables dans une classe est insuffisant (nombre de points <10), aucune valeur ne peut être affectée."



Annexe5 : Nuages de points et niveaux retenus

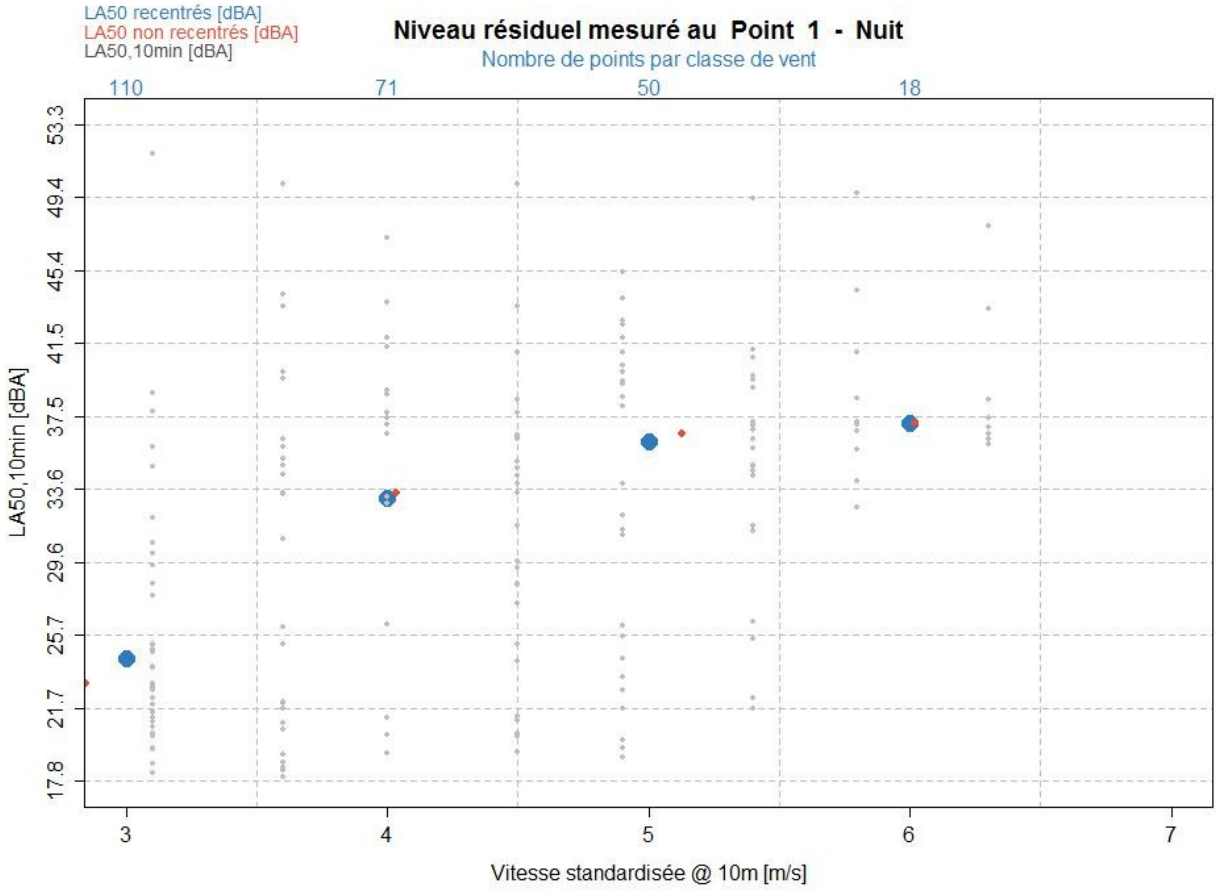
Point 1 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	209	34,4
4	192	35,5
5	124	36,8
6	126	39,7
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



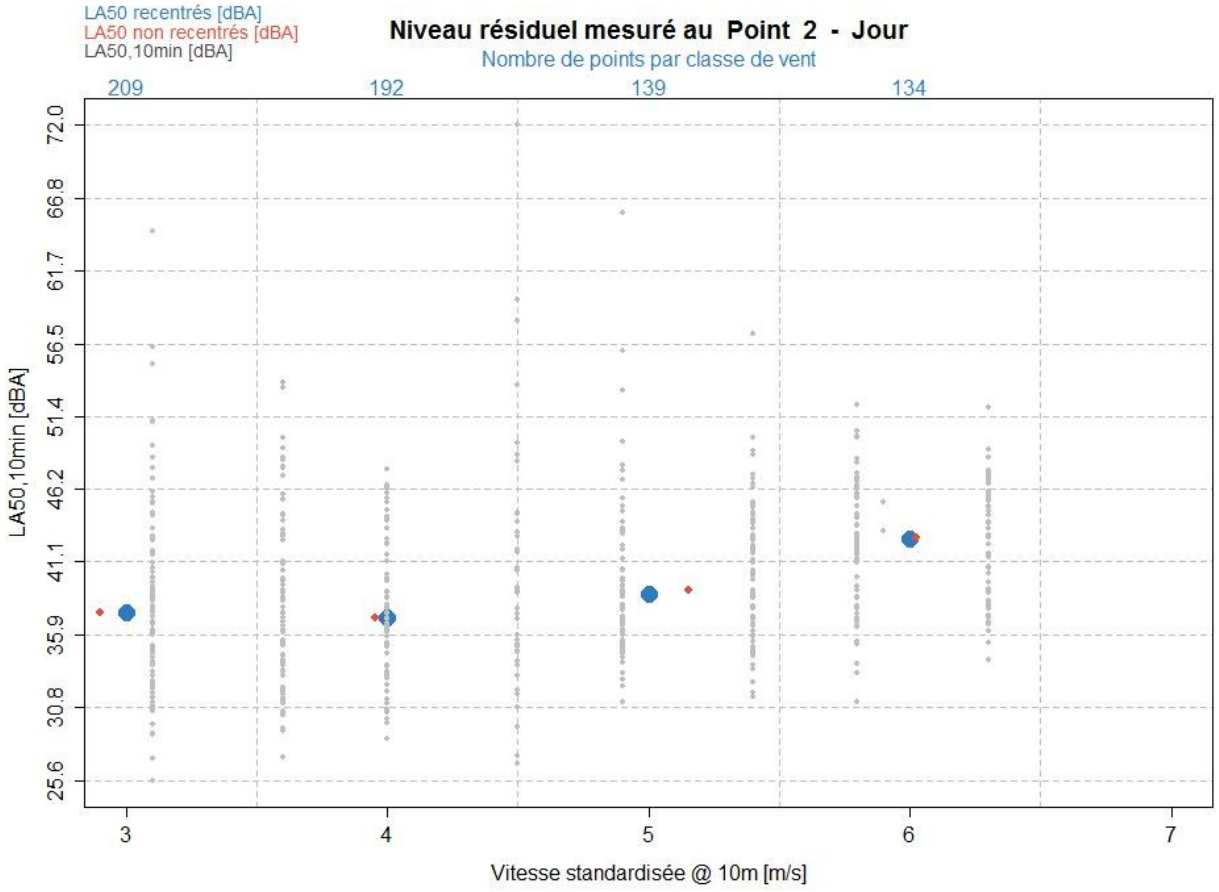
Point 1 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	110	24,4
4	71	33,1
5	50	36,2
6	18	37,1
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



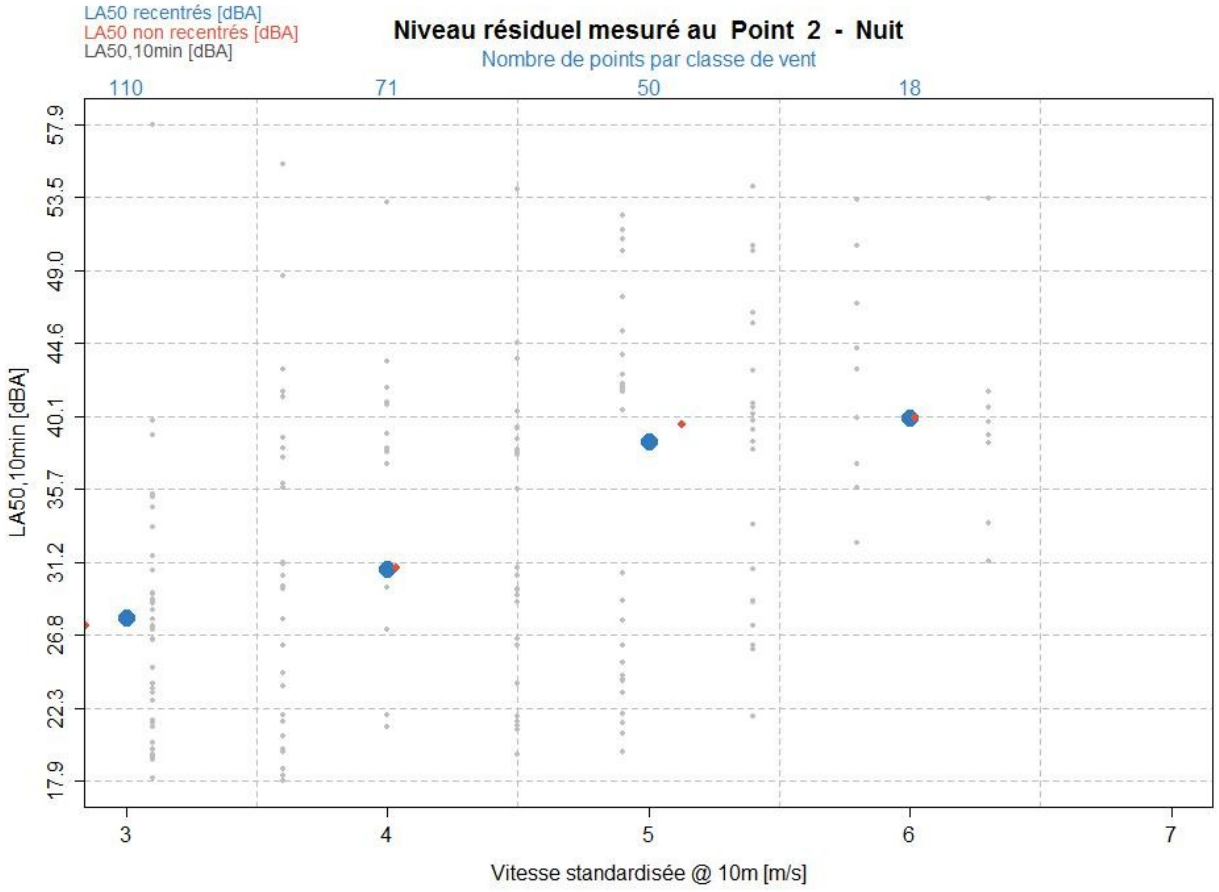
Point 2 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	209	37,5
4	192	37,2
5	139	38,8
6	134	42,7
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



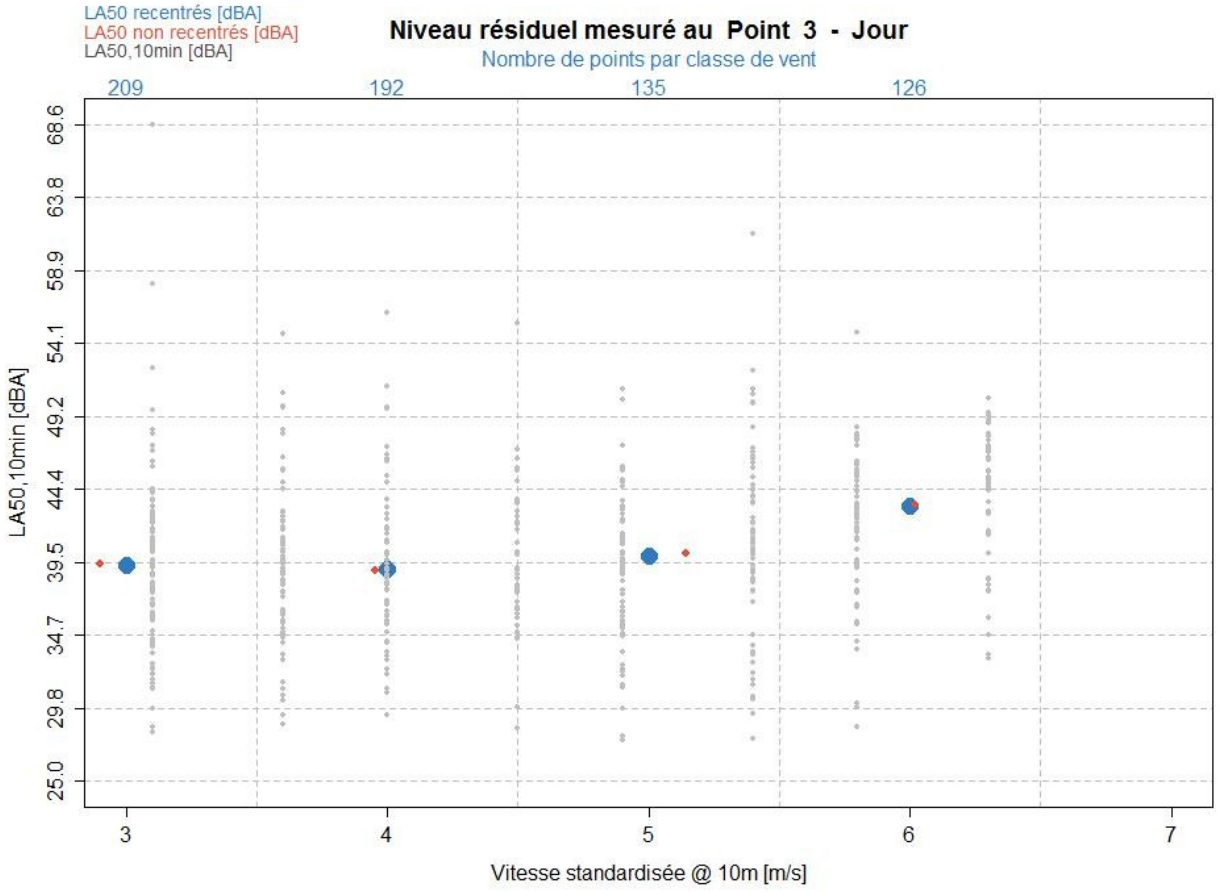
Point 2 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	110	27,9
4	71	30,8
5	50	38,6
6	18	40,0
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



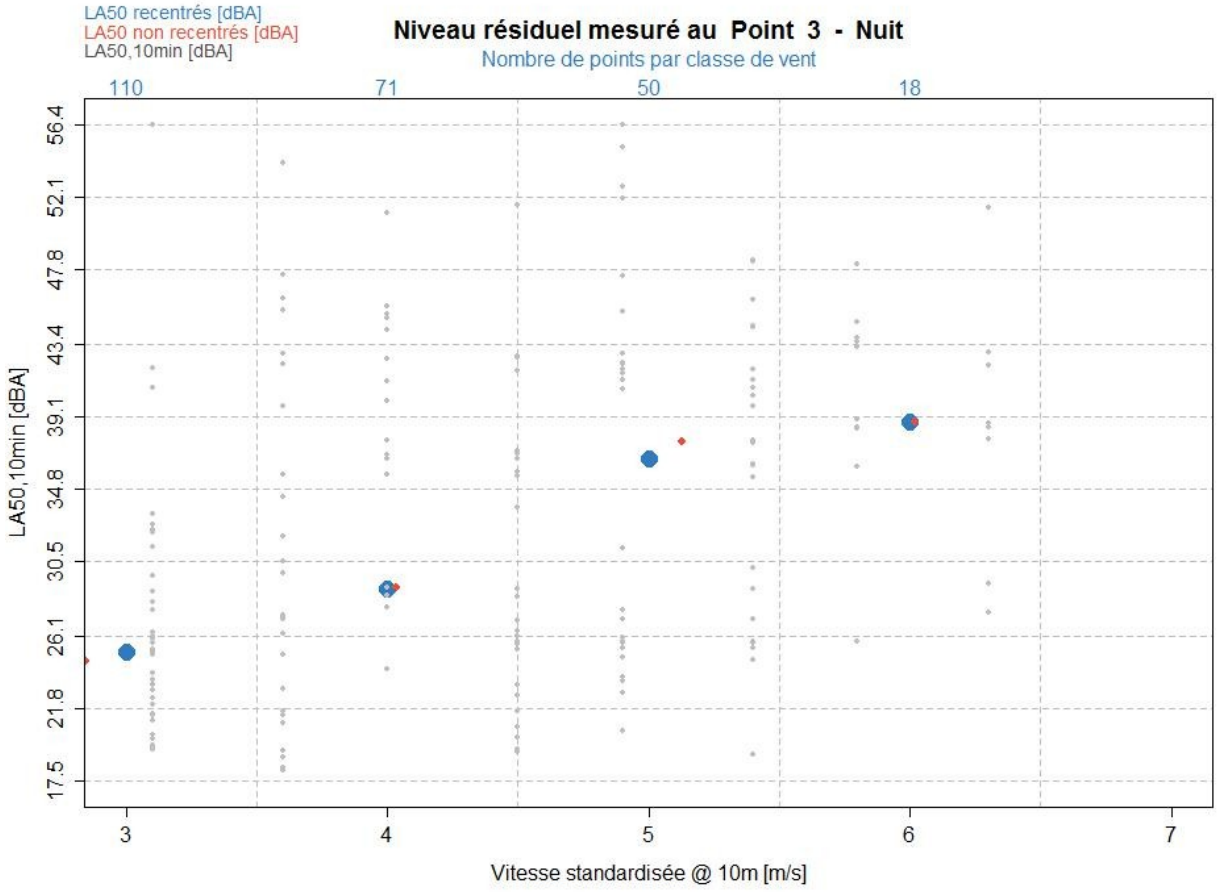
Point 3 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	209	39,4
4	192	39,0
5	135	40,0
6	126	43,3
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



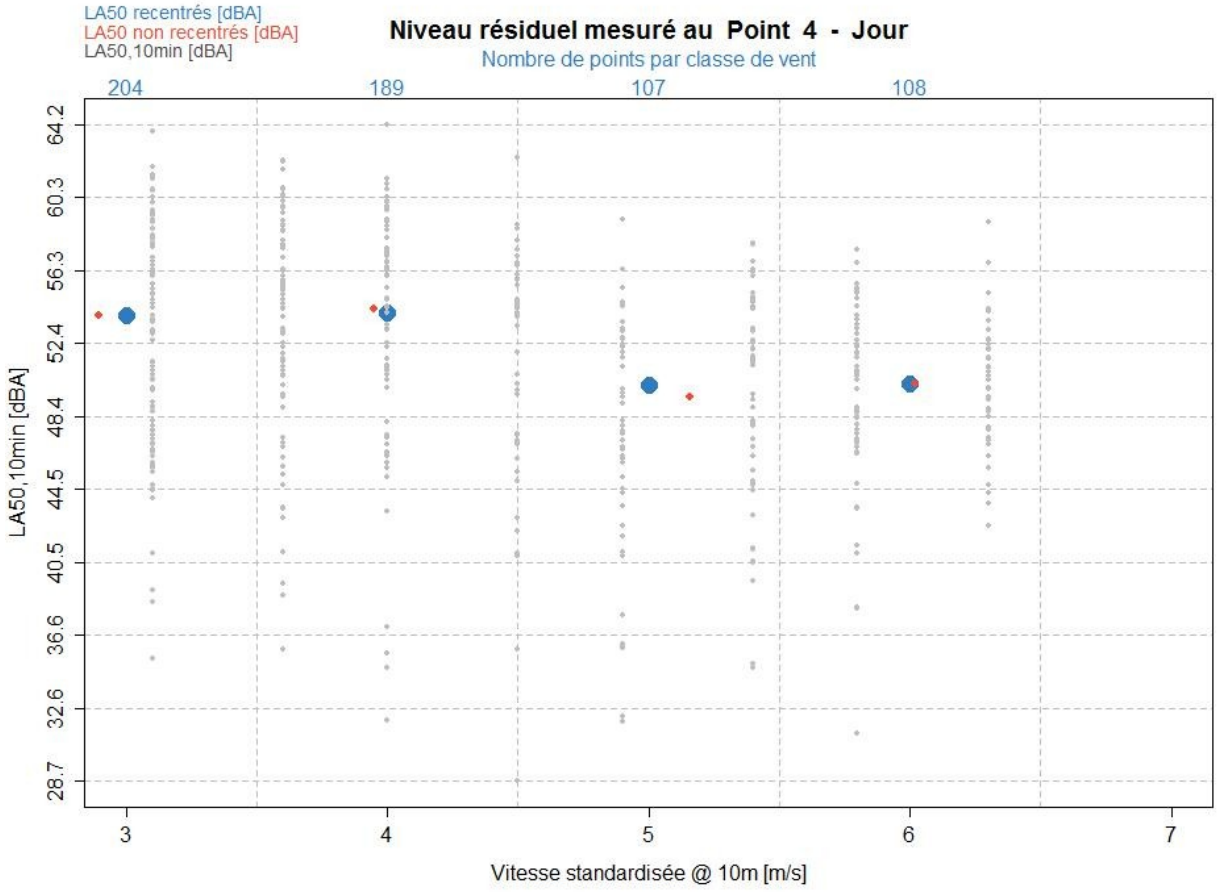
Point 3 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	110	25,2
4	71	28,9
5	50	36,6
6	18	38,8
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



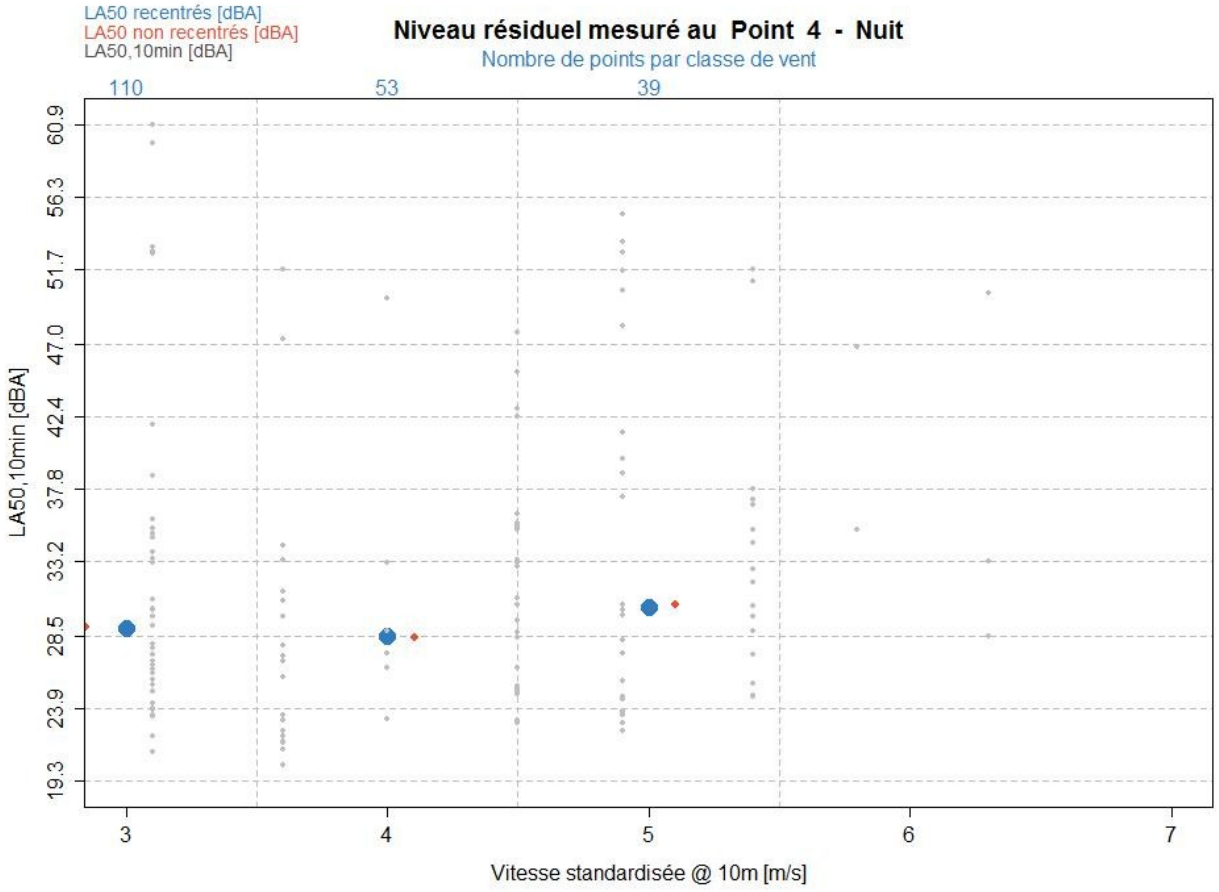
Point 4 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	204	53,9
4	189	54,0
5	107	50,1
6	108	50,2
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



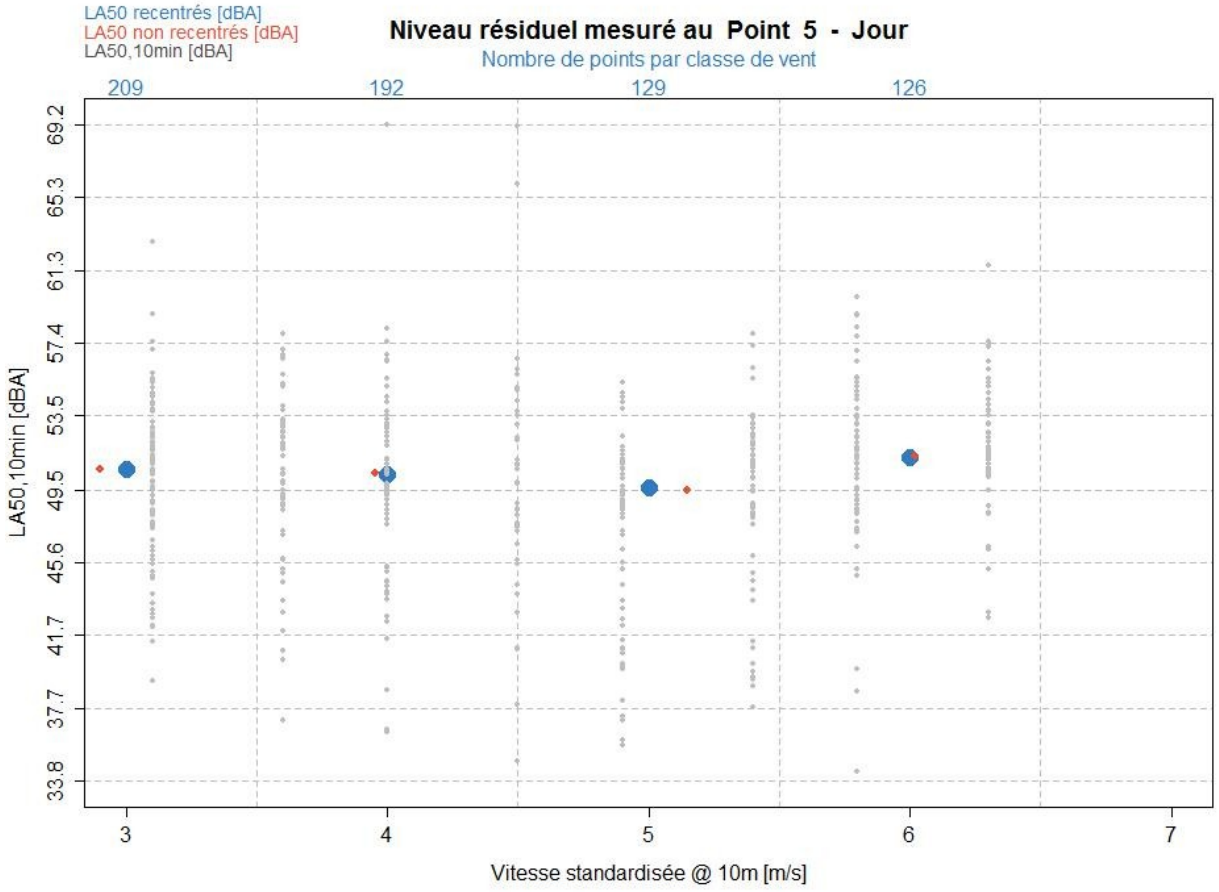
Point 4 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	110	29,0
4	53	28,5
5	39	30,3
6	5	/
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



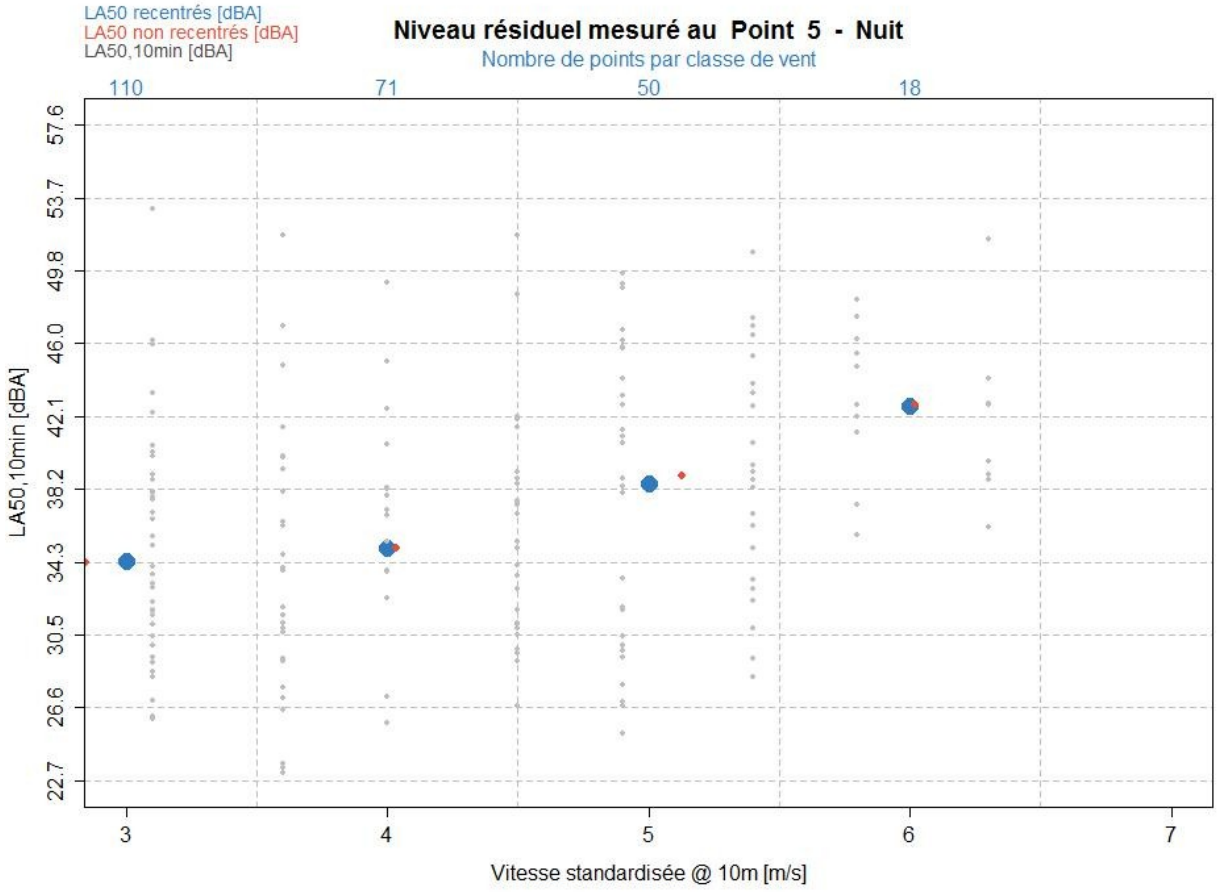
Point 5 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	209	50,6
4	192	50,4
5	129	49,6
6	126	51,3
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



Point 5 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 0°-360°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	110	34,4
4	71	35,1
5	50	38,5
6	18	42,6
7	0	/
8	0	/
9	0	/
10	0	/



Annexe6 : Incertitudes de mesures et de calculs

L'analyse des incertitudes sur les mesures est complexe à estimer car elles sont très dépendantes des données d'entrée, données acoustiques et météorologiques, lesquelles varient beaucoup et de manière peu prévisible.

Les facteurs pertinents pour conduire l'évaluation de l'incertitude de mesure sur les niveaux de bruit sont :
• l'instrumentation ;
• l'hétérogénéité spatiale du champ sonore sur le site de mesure ;
• la disposition du microphone ;
• l'influence des conditions météorologiques sur le dispositif de mesurage ;
• le niveau de bruit de fond ;
• les méthodes de post-traitement (durée de l'intervalle de mesurage) ;
• les opérateurs, facteur dont peuvent rendre compte les valeurs de reproductibilité (par des équipes différentes) et de répétitivité (par un même opérateur avec les mêmes instruments).

La mesure des vitesses de vent doit également être associée à ses propres incertitudes.
Les facteurs pertinents pour conduire l'évaluation de l'incertitude de mesure sur les vitesses de vent sont :
• l'instrumentation ;
• le choix de l'intervalle de mesurage ;
• l'hétérogénéité spatiale et temporelle du champ de vitesses sur le site de mesure ;
• la disposition du capteur ;
• les méthodes de post-traitement (durée de l'intervalle de mesurage) ;
• les opérateurs, facteur dont peuvent rendre compte les valeurs de reproductibilité (par des équipes différentes) et de répétitivité (par un même opérateur avec les mêmes instruments).

L'influence maximale des facteurs est estimée selon le guide NF S 31 115, en utilisant les limites de tolérance indiquées dans les normes CEI 61672-1 (pour les sonomètres et les chaînes de mesure), et dans la norme CEI 60942 pour les facteurs liés au calibrage.

Il est à noter que le **choix de la méthodologie de calcul dans CadnaA :**

- **configuration** (rugosité du sol, absorption des parois, prise en compte des forêts et des zones réfléchissantes, nombre de réflexions, diffraction, prise en compte de la météo …) ;
- **précision des données d'entrée** (résolution des courbes de niveau, intégration des bâtiments (hauteur,forme,...), données acoustiques disponibles, …) ;
- **précision de la norme de calcul utilisée** (ISO 9613-2 ne prend pas en compte la courbure des rayons due aux effets météorologiques) ;
- **actualisation des données** (carte IGN à jour, vues satellites) ;

peut aussi influer grandement les résultats des simulations par rapport au cas réel. Il est alors important de minimiser les effets que ces différents points peuvent avoir dans ce type d' étude.

L'ensemble des résultats de mesures est à considérer avec une incertitude d'environ de 2 à 3 dB. On rappelle que les incertitudes ne sont pas à reporter sur le résultat d'émergence, mais sur les valeurs mesurées de bruit résiduel, de bruit ambiant et simulées de contribution.

Le calcul des incertitudes de la norme NFS 31-114 étant toujours sujet à discussions à l'heure actuelle, le présent rapport ne fait pas cette analyse.

Annexe7 : Puissances acoustiques des modes bridés du modèle GE 2.75-120

Les puissances acoustiques des différents modes des plans de fonctionnement optimisés sont détaillés ci-dessous:

Nom courbe de puissance V moyeu à 80m [m/s]	Normal mode [dBA]	NRO 105 [dBA]	NRO 104 [dBA]	NRO 103 [dBA]	NRO 102 [dBA]	NRO 101 [dBA]	NRO 100 [dBA]
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3							
4	97	97	97	97	97	97	97
5	98,1	98,1	98,1	98,1	98,1	98,1	98,1
6	100,5	100,5	100,3	100,1	99,8	99,5	99,2
7	104,4	104,4	103,9	102,9	101,9	101	100
8	106	105	104	103	102	101	100
9	106	105	104	103	102	101	100
10	106	105	104	103	102	101	100
11	106	105	104	103	102	101	100
12	106	105	104	103	102	101	100
13	106	105	104	103	102	101	100
14	106	105	104	103	102	101	100
15	106	105	104	103	102	101	100
16	106	105	104	103	102	101	100
17	106	105	104	103	102	101	100
18	106	105	104	103	102	101	100
19	106	105	104	103	102	101	100
20	106	105	104	103	102	101	100
21	106	105	104	103	102	101	100
22	106	105	104	103	102	101	100

MSE La Monjoie