

SAS EOLIS.L'Etournelle

Projet éolien de « Quillien »

Commune de Plumieux

Côtes d'Armor (22)

Dossier de demande d'autorisation unique



Annexe 4 de l'étude d'impact

ACOUSTIQUE

SAS Eolis.L'Etournelle

Tour de Lille
Boulevard de Turin
59777 Lille

Téléphone: 03.20.214.214

Télécopie: 03.20.131.231

Projet éolien de Quillien

Commune de Plumieux
Département des Côtes d'Armor (22)



ÉTUDE D'IMPACT ACOUSTIQUE

Réalisation de l'étude



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

Réalisation : M. Arthur PETIT, Ingénieur Acousticien
Validation : M. Colin LEBOURDAT, Ingénieur Acousticien

AOÛT 2017

Table des matières

1. PRÉAMBULE.....	5
2. PRÉSENTATION DU PROJET.....	5
3. RÉGLEMENTATION ET DÉFINITIONS.....	8
3.1 Contexte réglementaire.....	8
3.1.1 TEXTE RÉGLEMENTAIRE.....	8
3.1.2 CONTEXTE NORMATIF.....	8
3.2 Généralités sur le bruit.....	9
3.2.1 QUELQUES DÉFINITIONS.....	9
3.2.2 ECHELLE DE BRUIT.....	12
3.2.3 PROPAGATION DU BRUIT.....	14
3.2.4 PARTICULARITÉ DU BRUIT DES ÉOLIENNES.....	17
4. MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE.....	18
4.1 Mesures.....	18
4.1.1 VITESSE DU VENT.....	18
4.1.2 DIRECTION DU VENT.....	19
4.1.3 POINTS DE MESURE ET D'ANALYSE.....	19
4.1.4 DONNÉES ACOUSTIQUES.....	19
4.2 Analyse.....	20
5. ÉTAT ACTUEL.....	21
5.1 Conditions de mesures.....	21
5.2 Fiches riverains.....	21
5.3 Tableau de synthèse des niveaux résiduels.....	28
6. ANALYSE DE L'IMPACT - PRÉSENTATION DE LA MÉTHODE.....	29
6.1 Recherche de la machine la plus impactante.....	29
6.2 Présentation du modèle de calcul.....	32
7. ANALYSE DE L'IMPACT.....	33
7.1 Hypothèses d'émissions du projet.....	33
7.2 Résultats des calculs de propagation acoustique.....	33
7.3 Estimation des émergences globales.....	34
7.4 Fonctionnement optimisé.....	36
7.5 Estimation des tonalités marquées.....	38
7.6 Simulation du bruit maximal.....	39
7.7 Effet cumulé.....	41
7.7.1 CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE.....	41
7.7.2 MÉTHODOLOGIE DU TRAITEMENT DE L'EFFET CUMULÉ.....	41
7.7.3 CONCLUSION.....	41
8. CONCLUSION.....	42
8.1 Analyse prévisionnelle.....	42
8.1.1 EMERGENCES RÉGLEMENTAIRES - BRIDAGES.....	42
8.1.2 TONALITÉS MARQUÉES.....	42
8.1.3 NIVEAUX DE BRUIT AMBIANT.....	42
8.2 Synthèse.....	42
ANNEXE 1 : BIBLIOGRAPHIE.....	43
ANNEXE 2 : ARRÊTÉ DU 26/08/2011.....	44
ANNEXE 3 : CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES PENDANT LES MESURES.....	50
ANNEXE 4 : MÉTHODE DE CALCUL DES INDICATEURS DE BRUIT.....	54
ANNEXE 5 : NUAGES DE POINTS ET NIVEAUX RETENUS.....	55
ANNEXE 6 : INCERTITUDES DE MESURES ET DE CALCULS.....	67
ANNEXE 7 : PUISSANCES ACOUSTIQUES DES MODES BRIDÉS DU MODÈLE GE 2.75-120.....	68

Index des tableaux

Tableau 1: Descriptif du projet étudié.....	6
---	---

Tableau 2: Termes correctifs de la pondération A en bande d'octaves [2].....	10
Tableau 3: Absorption du bruit par l'air (exprimée en dB/100m) à différentes températures et avec une humidité relative de l'air de 80% [11].....	16
Tableau 4: Absorption des bruits par une forêt compacte de feuillus (exprimée en dB/m) [12].....	16
Tableau 5: Niveaux sonores résiduels diurnes en dB(A) - direction de vent 250°- 310°.....	28
Tableau 6: Niveaux sonores résiduels nocturnes en dB(A) - direction de vent 250°- 310°.....	28
Tableau 7: Les différents modèles de machines proposés.....	29
Tableau 8: Puissances acoustiques du modèle GE 2.75-120 en mode normal.....	33
Tableau 9: Contributions des éoliennes GE 2.75-120.....	33
Tableau 10: Émergences extérieures diurnes en dB(A) pour un fonctionnement normal du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°.....	34
Tableau 11: Émergences extérieures nocturnes en dB(A) pour un fonctionnement normal du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°.....	35
Tableau 12: Émergences extérieures diurnes pour un fonctionnement optimisé du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°.....	37
Tableau 13: Émergences extérieures nocturnes pour un fonctionnement optimisé du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°.....	37
Tableau 14: Evaluation de la tonalité marquée du modèle GE 2.75-120.....	38

Index des illustrations

Figure 1: Implantation du projet.....	7
Figure 2: Champ auditif de l'homme en fréquence et en niveau sonore [1].....	9
Figure 3: Niveau équivalent Leq [3].....	11
Figure 4: Indices statistiques LA10; LA50 et LA90 [4].....	11
Figure 5: Emergence = bruit ambiant - bruit résiduel.....	12
Figure 6: Exemples de niveaux sonores [6].....	12
Figure 7: Exemples de niveaux d'infrasons [7].....	13
Figure 8: Variation de la pression acoustique en fonction de la direction du vent [8].....	14
Figure 9: Atténuation du niveau sonore en fonction de la direction du vent et de la distance émetteur/source [9].....	15
Figure 10: Influence du gradient vertical de température sur la propagation du son [10].....	15
Figure 11: Influence du sol sur le niveau de pression acoustique pour un observateur [13].....	17
Figure 12: Schéma de calcul de la vitesse standardisée à 10m [14].....	18
Figure 13: Comparatif des puissances acoustiques en mode normal sur le gabarit de 150m bout de pale.....	30
Figure 14: Exemple de comparaison entre le bruit résiduel et le bruit d'une éolienne.....	31
Figure 15: Représentation fréquentielle du critère de tonalité marquée du modèle GE 2.75-120.....	38
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.....	40
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 50m de hauteur situé à proximité de l'éolienne E1.....	51
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 50m de hauteur situé à proximité de l'éolienne E1.....	52
Figure 19: Distribution des vitesses de vent à 89 m et rose des énergies de longue durée. Données issues d'un mât de mesures de 50 m de hauteur situé sur la commune de Plumieux, à 3 km du projet.....	53

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** à 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 4 éoliennes, organisées sur un axe Sud-Ouest – Nord-Est.

Ce projet est implanté sur la commune de Plumieux.

Il est situé au Sud-Est du parc de Saint Etienne du Gué de l'Isle et sera exploité par la SAS Eolis.L'Etournelle.

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

Description	Caractéristiques	Remarques
Projet	4 éoliennes	une hauteur totale maximale de 150 mètres (diamètre du rotor maximal de 130 m et hauteur de mât maximale de 92,5 m) et d'une puissance maximale de 3,3 MW.
Localisation du projet	Sur le territoire de la commune de Plumieux	Projet au Sud-Est du parc de Saint Etienne du Gué de l'Isle
Caractérisation de l'état initial	6 emplacements de mesures fixes Mât de mesure de 2 m à proximité de l'emplacement R6 Mât de mesure de 50 m à proximité de E1	Du 08 Décembre 2015 au 29 Décembre 2015
Habitations	Villages autour de la zone concernée par le projet : Quillien Gastry (Le Cambout) Le Bolay (Les Forges) Le Plessis Jaulme (Les Forges) La Ville au Cerne (Plumieux)	600 m à l'Ouest 1300 m à l'Ouest 1500 m à l'Est 1700 m à l'Est 1400 m au Nord-Est
Infrastructures	Routes locales à proximité du parc D66 et D793	Apports de contributions relativement faibles De jour et de nuit
Projets éoliens voisins	Parc de Saint Etienne du Gué de l'Isle	3700 m au Nord-Ouest ; 8 éoliennes *
	Parc de Mohon	4500 m à l'Est ; 10 éoliennes *
	Projet des Landiers	3000 m au Nord-Ouest ; 5 éoliennes
	Projet de Ker Anna	3000 m à l'Ouest ; 5 éoliennes
Végétations et relief	Le dénivelé entre les différentes éoliennes est faible Compris entre 0 et 10 m Les différents villages se trouvent entre -10 m et +10 m sous la zone où est prévu le projet	parcelles dédiées aux activités agricoles

* Ce parc appartient à un autre exploitant que le projet à l'étude. Les mesures sont réalisées quelles que soient les conditions de fonctionnement de ce parc.

Tableau 1: Descriptif du projet étudié

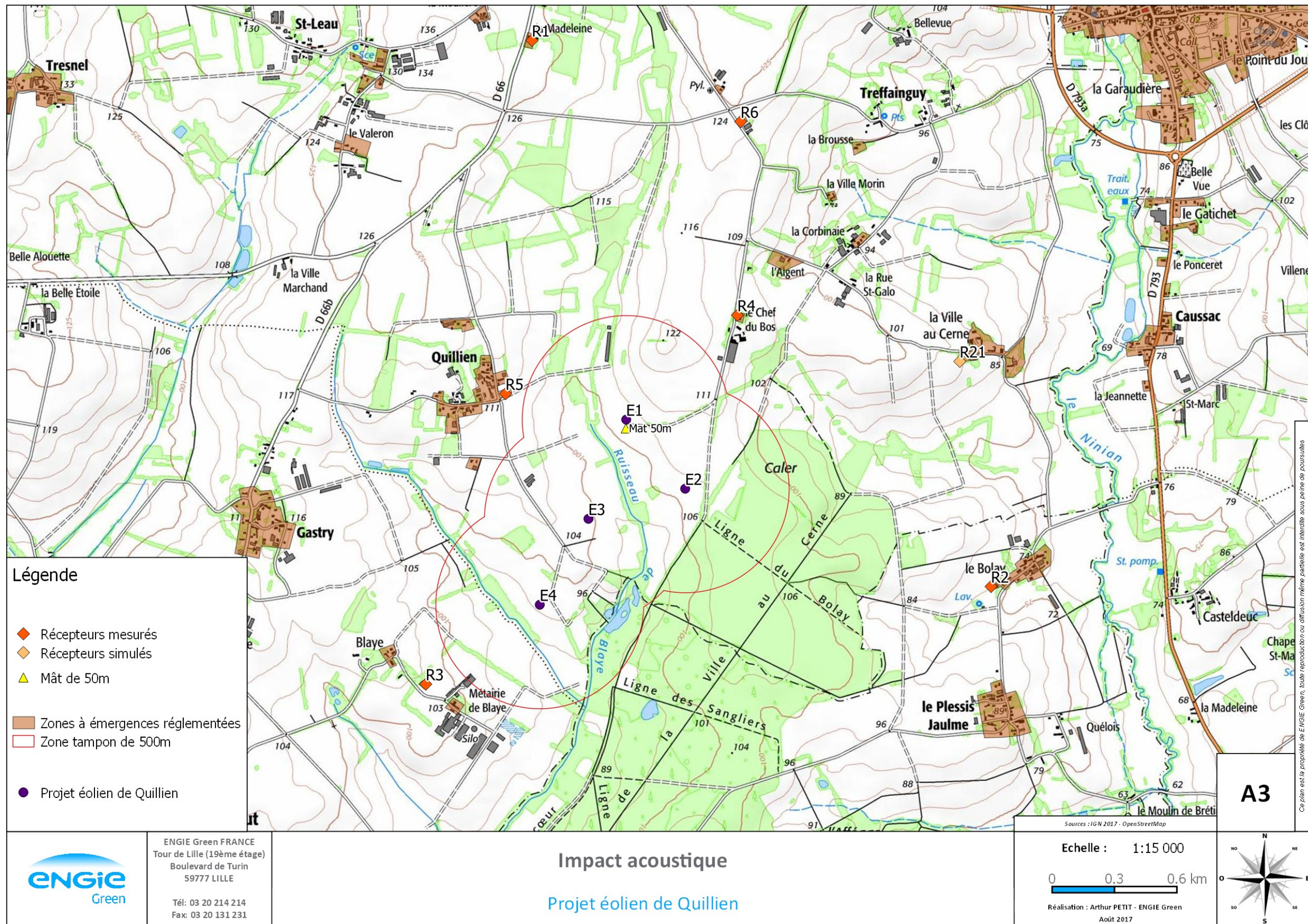


Figure 1: Implantation du projet

3. Réglementation et définitions

3.1 Contexte réglementaire

3.1.1 Texte réglementaire

Les parcs éoliens relèvent du régime des **Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumis à autorisation**. La section 6 de l'arrêté du 26/08/2011 (annexe 2) impose plusieurs points afin de prévenir 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, la Commune des Forges dispose d'une carte communale et Le Cambout n'a pas de document d'urbanisme. Le projet est suffisamment éloigné des zones U ou constructibles de Plumieux et Les Forges mais Quillien et la Madeleine sont dans une zone Ah où le règlement prévoit la possibilité d'agrandir les maisons, et de réhabiliter des bâtiments existants en vue d'un changement d'affectation. Nous prendrons pour ZER une zone tampon de 20 m autour des habitations ou les limites des zones Ah de Quillien et la Madeleine.

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 :

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

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

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.

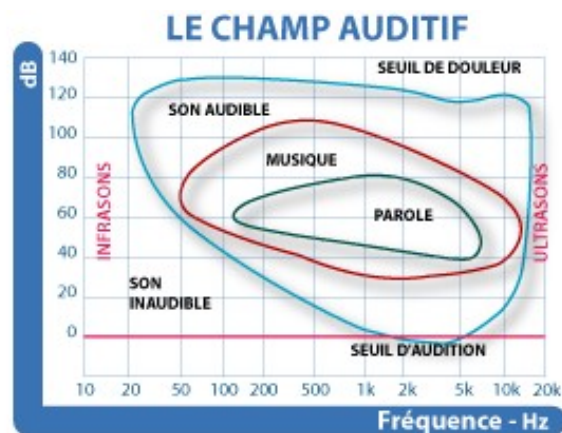


Figure 2: Champ auditif de l'homme en fréquence et en niveau sonore [1]

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 kHz	4 kHz	8 kHz
Pondération A	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	0	1,1	-1

Tableau 2: 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 L₅₀

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 LA_{eq} 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 :

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

- où
- LA_{eq,T} est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t₁ et se termine à t₂ ;
 - P₀ est la pression acoustique de référence (20μPa) ;
 - P_A(t) est la pression acoustique instantanée pondérée A.

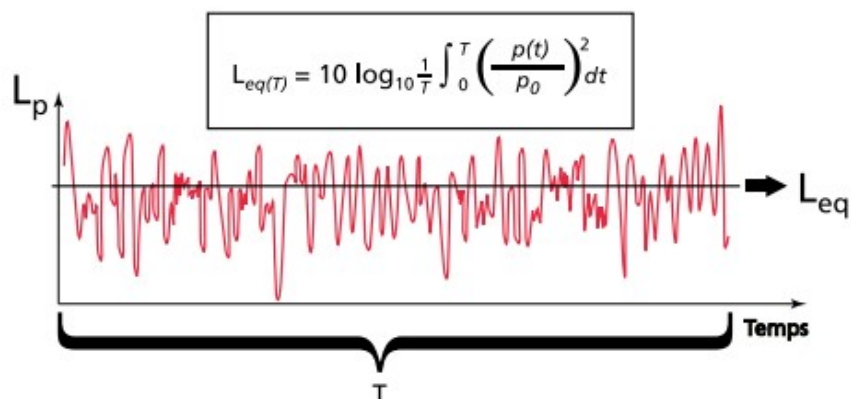


Figure 3: Niveau équivalent Leq [3]

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.

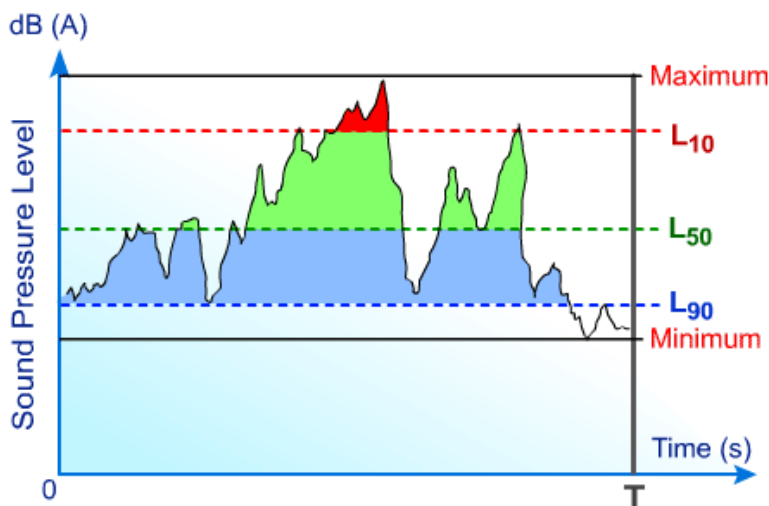


Figure 4: Indices statistiques LA10; LA50 et LA90 [4]

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. »

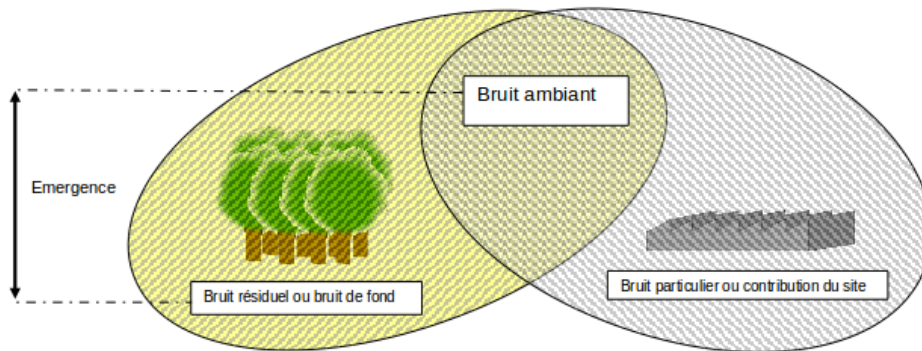


Figure 5: $Emergence = bruit\ ambiant - bruit\ résiduel$

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 ».

Échelle du bruit (dB)
 source : ADEME

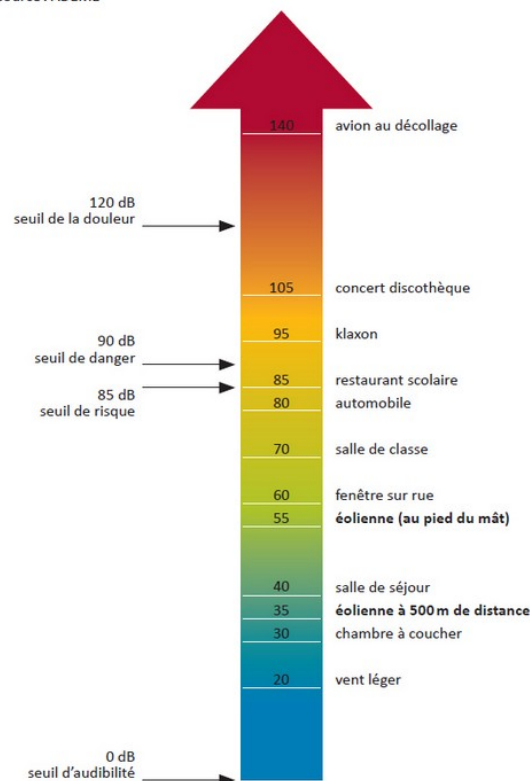


Figure 6: Exemples de niveaux sonores [6]

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.

Spectres infrasons (2 - 20 Hz)

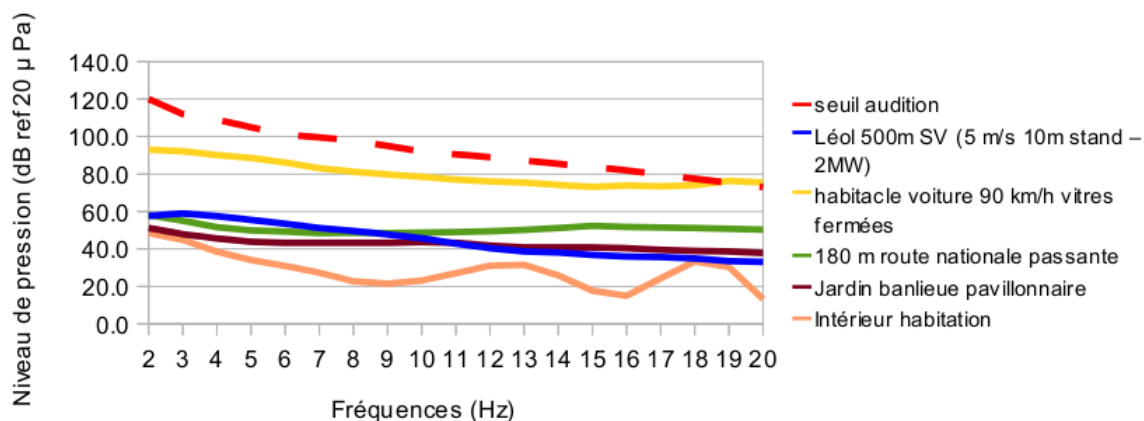


Figure 7: Exemples de niveaux d'infrasons [7]

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 from 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'AFSSET.

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

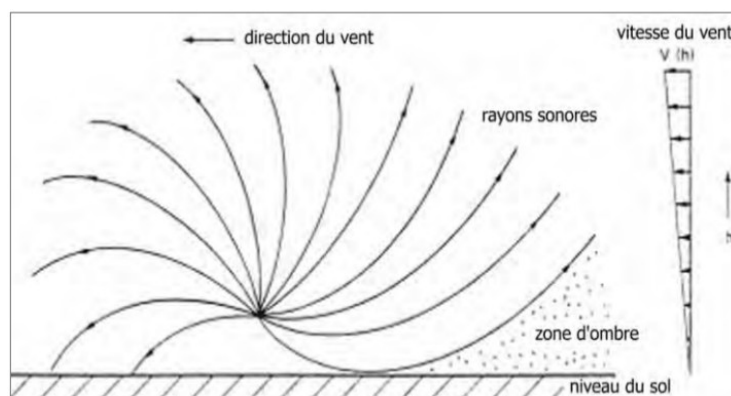
Propagation géométrique

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.

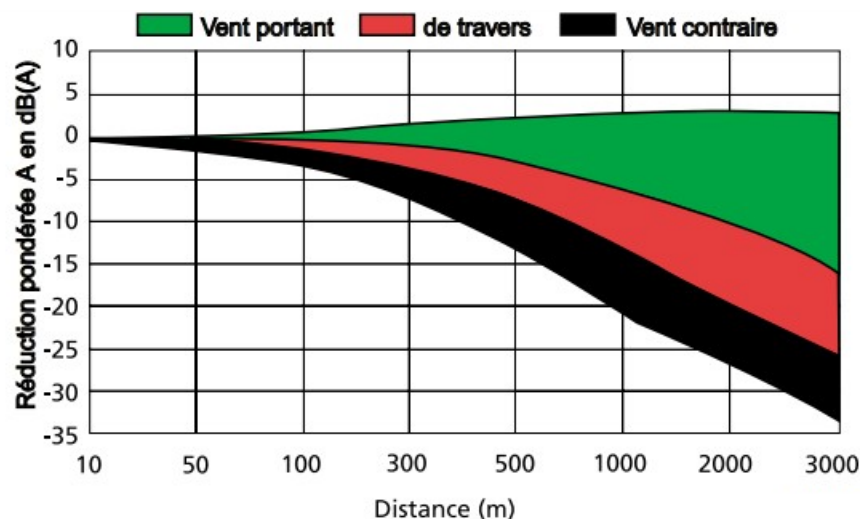
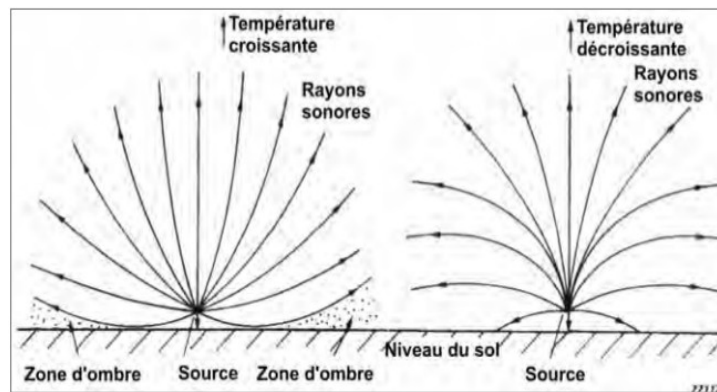


Figure 9: Atténuation du niveau sonore en fonction de la direction du vent et de la distance émetteur/source [9]

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

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



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 3: 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 4: 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".

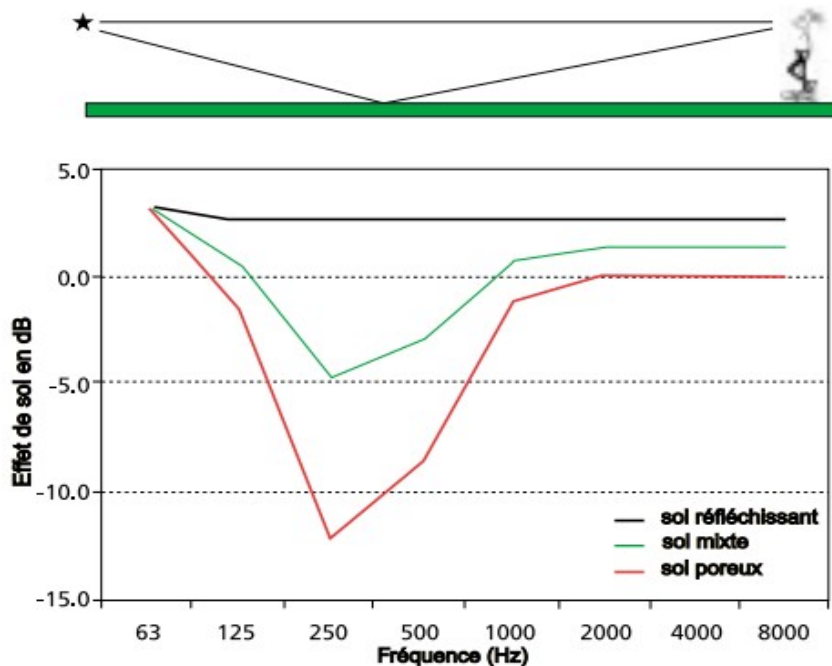


Figure 11: Influence du sol sur le niveau de pression acoustique pour un observateur [13]

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 :

- **À des vitesses de vent inférieures à environ 4 m/s**, la puissance acoustique de l'éolienne est très faible. Le bruit provient des équipements électriques et de ventilation.
- **À 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 essentiellement 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 :

$$V_{réf\ 10m} = V_H \times \frac{\ln\left(\frac{h}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{H}{Z_0}\right)}$$

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

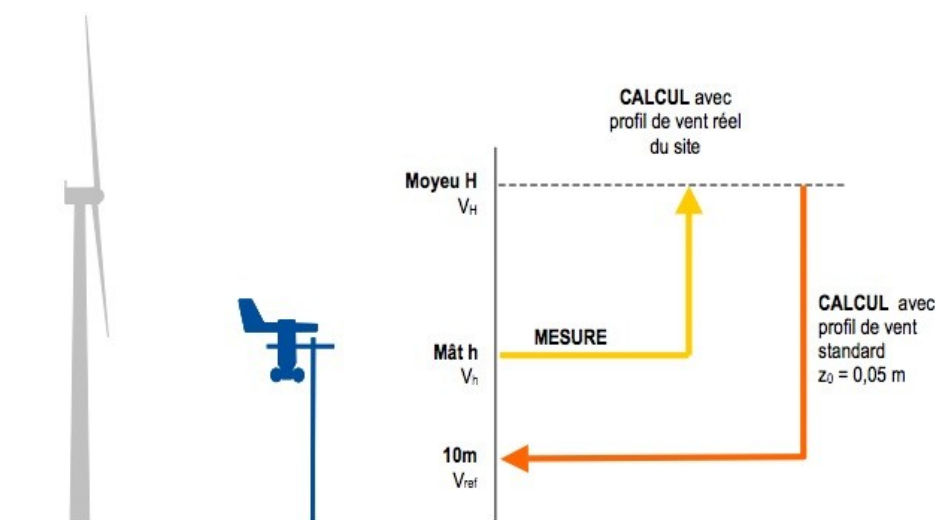


Figure 12: Schéma de calcul de la vitesse standardisée à 10m [14]

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 à partir d'un anémomètre et d'une girouette installés sur un mât météorologique de grande hauteur.

Le mât est à 50m de hauteur et situé à 2km sur la zone du projet (au niveau de l'éolienne E1).

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. Après analyse de la rose des vents présentée en annexe 3, la direction Ouest/Sud- Ouest est la plus fréquente sur ce site. Conformément à la norme NFS 31-114 qui préconise de considérer un secteur de +/- 30 degrés autour de la direction principale, seules les données la campagne de mesures comprises entre 250 et 310° sont analysées.

Les données de directions proviennent du mât de mesures situé au niveau de l'éolienne E1.

Le secteur de direction 250-310° est celui pour lequel nous avons eu le plus de vent pendant la campagne et celui qui correspond bien à la rose des vents longue durée. 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 5 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 un anémomètre est placé à côté d'un sonomètre. L'anémomètre fixé sur un mât de 2m de hauteur a été installé à l'emplacement R6.

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 la plus proche ont été utilisées (station de Ploërmel à 20km 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 6 et les conditions de mesures en annexe 4.

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 250°-310°, pendant une même saison et sans précipitation;
- Nuit (22h-07h), sur une plage de direction de vent de 250°-310°, pendant une même saison et sans précipitation.

5. État actuel

5.1 Conditions de mesures

La campagne de mesures acoustiques a consisté à mesurer 6 points pendant 21 jours.

Elle s'est déroulée du 08 Décembre 2015 au 29 Décembre 2015.

Elle a été réalisée par la société EREA INGENIERIE. fds

Le vent a été variable en intensité ce qui nous a permis d'avoir les données nécessaires pour une direction de vent donnée (cf annexe 3).

Les emplacements de mesures correspondent aux points R1 à R6.

Les distances aux machines les plus proches sont précisées ci-dessous:

- R1 à 1900m de E1
- R2 à 1500m de E2
- R3 à 650m de E4
- R4 à 750m de E1
- R5 à 600m de E1
- R6 à 1550m de E1

Le lieu-dit « La Ville au Cerne » est situé à 1400 m de l'éolienne la plus proche, sous les vents dominants. Il présente un environnement sonore semblable à celui du point R2, du fait de leur distance à la route départementale D 793 notamment. L'emplacement de mesures R4, situé au lieu-dit "Le Chef du Bos" est également sous les vents dominants et est potentiellement plus exposé au bruit du parc.

Ainsi, il n'a pas été jugé nécessaire d'effectuer une mesure acoustique supplémentaire à "La Ville au Cerne". Ce lieu-dit sera tout de même considéré dans l'évaluation de l'impact acoustique au niveau des zones à émergences réglementées.

La mesure de vent est récupérée sur le mât de mesure de 50m de hauteur installé au niveau de l'éolienne E1.

Le mât de mesure de vent d'une hauteur de 2m est situé à l'emplacement R6.

La mesure de la précipitation est récupérée depuis la station météo France de Ploërmel.

5.2 Fiches riverains

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

Les fiches suivantes présentent :

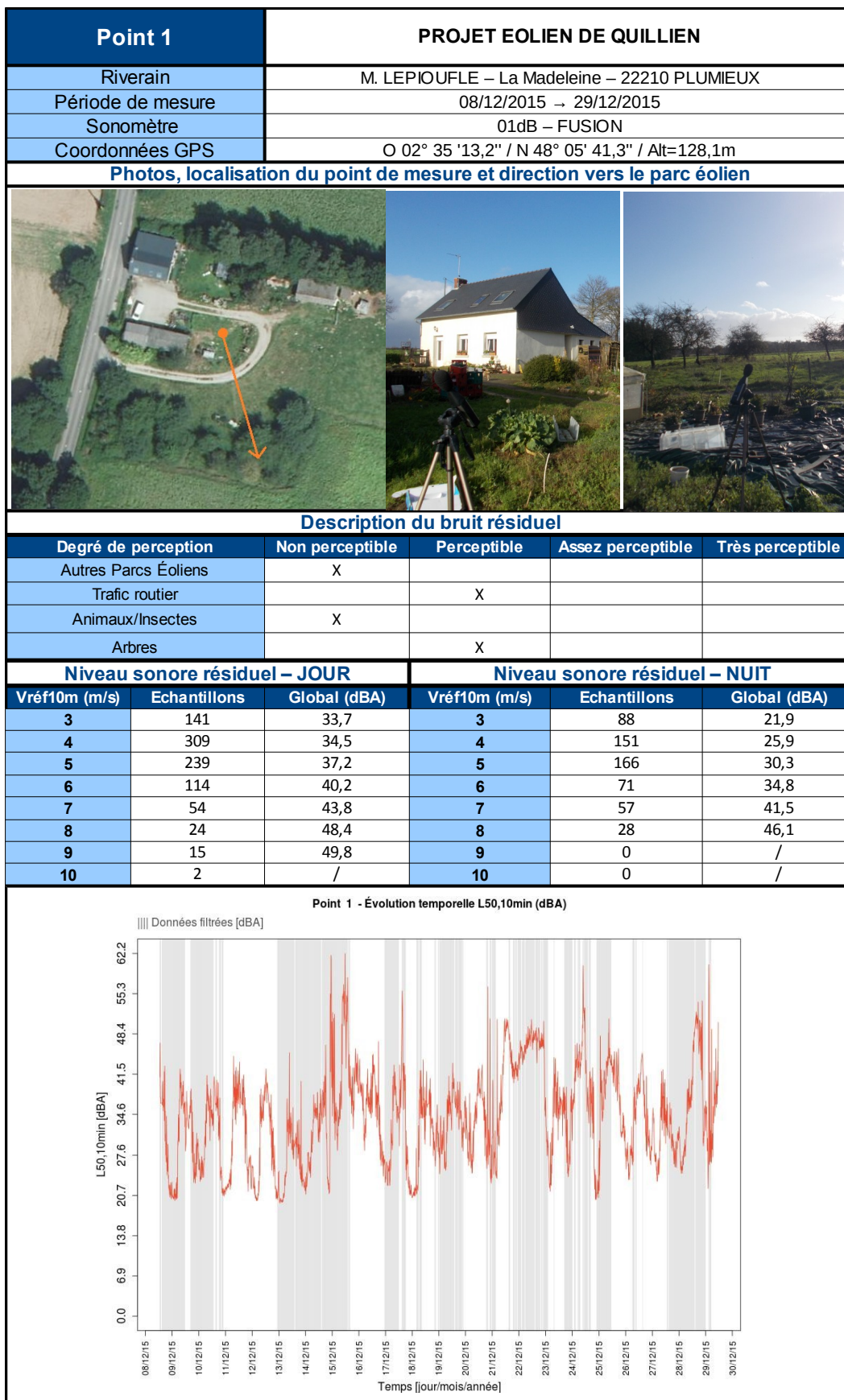
- des photos de positionnement des points;
- l'adresse exacte du point;
- le sonomètre utilisé pour les mesures;
- la période de mesure;
- des remarques sur l'ambiance acoustique avoisinante;
- les niveaux de bruit résiduel global extérieur;
- l'évolution temporelle du L50,10min avec une indication sur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

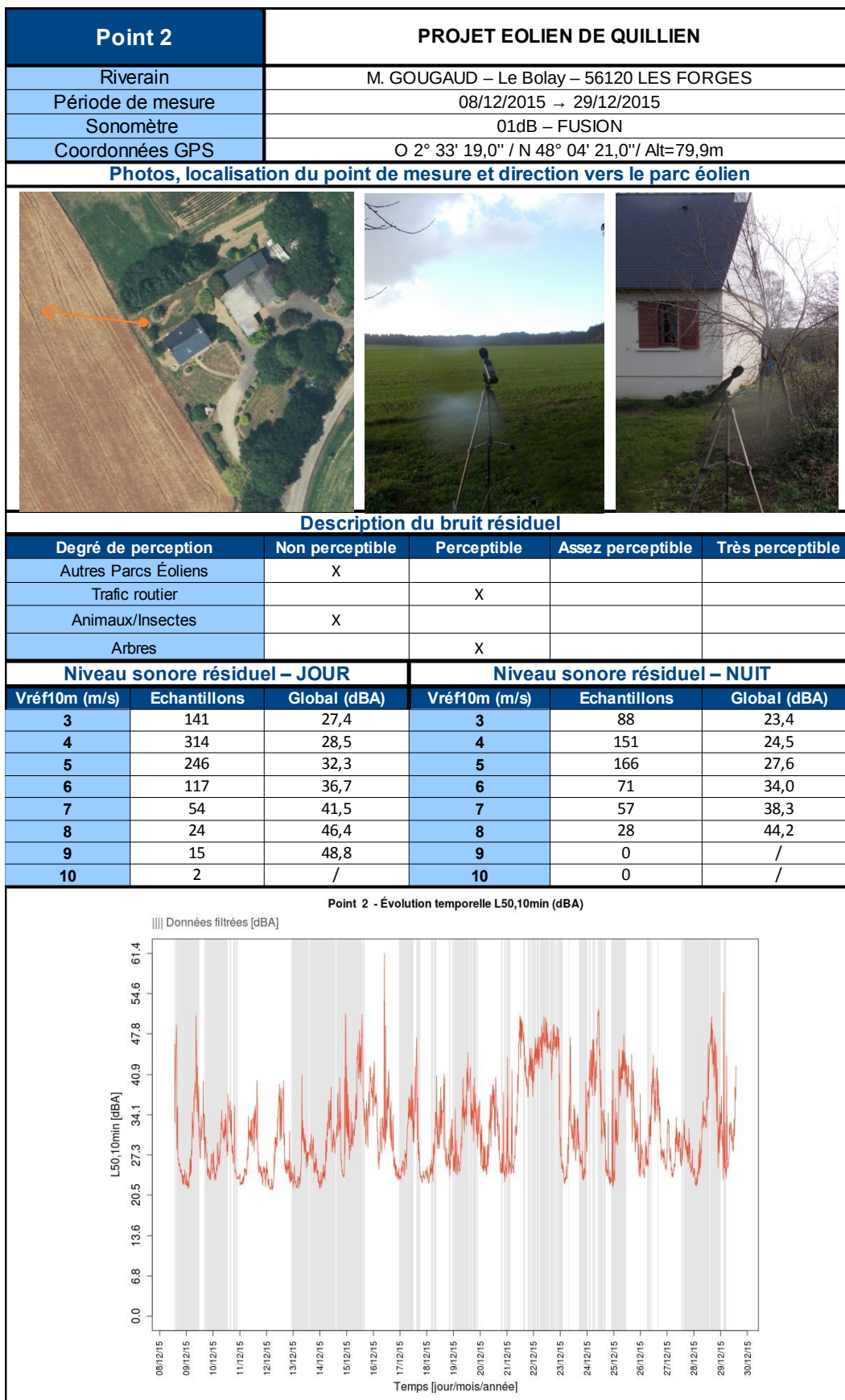
Quand le nombre de points n'est pas suffisant pour tirer des conclusions, le symbole "/" est utilisé.

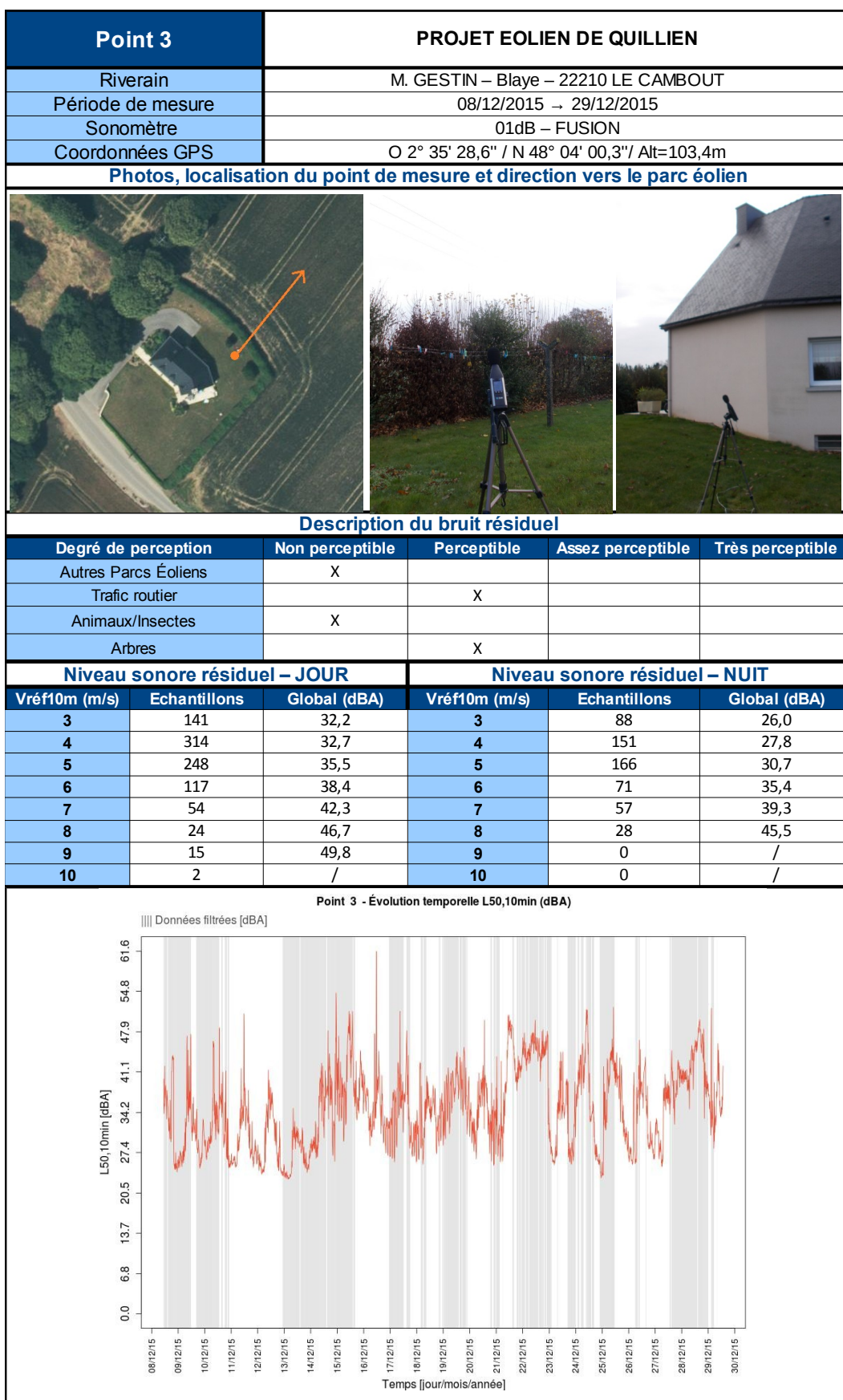
L'analyse "bruit-vent" selon la méthodologie précédemment détaillée, permet de déterminer les niveaux de bruit résiduels suivants pour les périodes de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h).

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.













5.3 Tableau de synthèse des niveaux résiduels

Les niveaux résiduels obtenus sont cohérents avec un environnement rural et un trafic routier faible dans la zone du projet.

Nous pouvons alors constater que les niveaux sonores mesurés sont bien corrélés à la vitesse du vent. Ce phénomène est d'autant plus marqué la nuit.

Cette tendance n'est cependant pas observée à l'emplacement R4 où le niveau sonore présente un niveau élevé dès les basses vitesses de vent. Ce phénomène peut résulter du fonctionnement d'un équipement mécanique à proximité du sonomètre.

Un point de contrôle R21 a été positionné au lieu-dit «La Ville au Cerne». Les niveaux résiduels retenus pour ce point sont ceux du point R2 car ils sont cohérents en termes d'environnement sonore, relativement à la route départementale D 793 notamment. De plus, entre les points les plus proches (R2 et R4), R2 présente les niveaux résiduels les plus faibles. Ce choix relève donc d'une hypothèse prudente.

Les tableaux ci-dessous récapitulent les niveaux sonores résiduels :

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
PLUMIEUX	R1	33,7	34,5	37,2	40,2	43,8	48,4	49,8	49,8
LES FORGES	R2	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
PLUMIEUX	R21	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
LE CAMBOUT	R3	32,2	32,7	35,5	38,4	42,3	46,7	49,8	49,8
PLUMIEUX	R4	34,7	34,6	35,4	37,2	39,4	42,9	45,6	45,6
PLUMIEUX	R5	28,7	30,0	33,0	35,3	41,1	45,4	47,3	47,3
PLUMIEUX	R6	29,4	30,5	32,7	36,6	40,0	44,2	45,0	45,0

Tableau 5: Niveaux sonores résiduels diurnes en dB(A) - direction de vent 250°- 310°

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
PLUMIEUX	R1	21,9	25,9	30,3	34,8	41,5	46,1	46,1	46,1
LES FORGES	R2	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
PLUMIEUX	R21	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
LE CAMBOUT	R3	26,0	27,8	30,7	35,4	39,3	45,5	45,5	45,5
PLUMIEUX	R4	33,8	33,9	34,4	35,9	39,7	41,9	41,9	41,9
PLUMIEUX	R5	23,5	26,5	30,6	33,4	36,6	43,3	43,3	43,3
PLUMIEUX	R6	23,1	24,3	26,8	31,4	38,1	42,0	42,0	42,0

Tableau 6: Niveaux sonores résiduels nocturnes en dB(A) - direction de vent 250°- 310°

La campagne de mesure a permis de mesurer jusqu'à la classe de vitesse de vent 9m/s de jour et 8m/s de nuit. Afin de mener l'analyse réglementaire à des vitesses supérieures, nous faisons l'hypothèse de maintenir le niveau sonore de la dernière classe de vitesse de vent mesurée aux classes supérieures. Certes, le niveau sonore résiduel augmente avec la vitesse du vent, cependant il est plus prudent de sous-évaluer les niveaux résiduels qui n'ont pas fait l'objet de mesures.

Les valeurs sont indiquées en bleu.

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

L'analyse prévisionnelle d'un projet éolien se décompose en plusieurs phases:

- **L'analyse des émergences futures liées au projet d'extension**
 - Phase 1: À partir des niveaux résiduels mesurés et des contributions du projet éolien de Quillien (4 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 sont proposés pour le présent projet:

Constructeur	Modèle	Puissance (MW)	Hauteur mât (m)	Diamètre rotor (m)	Hauteur totale (m)
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	92,5	113	149
SIEMENS	SWT-3.3-130	3.3	85	130	150
GE	2.75-120	2.75	85	120	145

Tableau 7: Les différents modèles de machines proposés

La recherche de la machine la plus impactante se base sur les données de puissance acoustique en fonctionnement normal fournies par les constructeurs. D'après la distribution des vitesses présentée en annexe 3, la plage de vitesse de vent récurrente sur la zone du projet est de 3 à 7 m/s à hauteur de moyeu. Comme le montre la figure ci-dessous, l'éolienne GE 2.75-120 est la plus bruyante sur cette plage de vitesse. Par conséquent, cette éolienne sera considérée comme la machine la plus impactante et utilisée pour les analyses qui suivent.

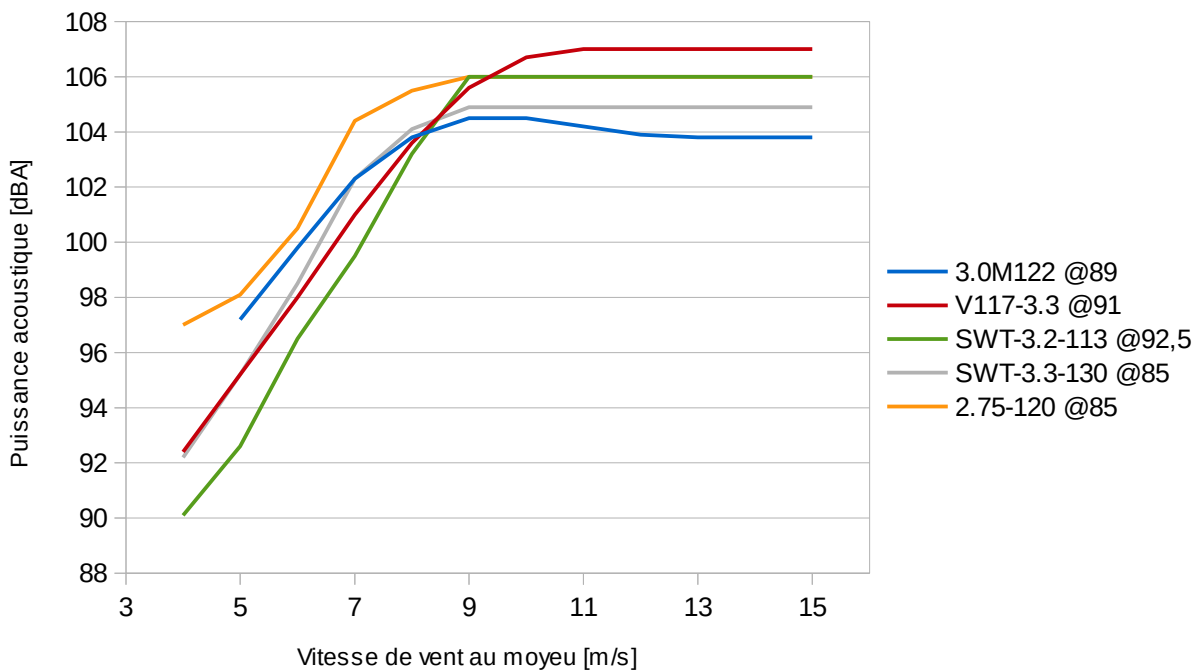


Figure 13: Comparatif des puissances acoustiques en mode normal sur le gabarit de 150m bout de pale

En outre, les basses et moyennes vitesses de vent (3 à 7 m/s à 10 m standardisé) correspondent à la plage de vitesse la plus critique. En effet à ces vitesses, les éoliennes sont en fonctionnement et le niveau résiduel est relativement faible. En revanche, au-delà de 7 m/s en moyenne, le niveau résiduel devient suffisamment important pour masquer le bruit des éoliennes. Ainsi, il est plus probable de dépasser les seuils d'émergences réglementaires pour les basses et moyennes vitesses que pour les vitesses élevées.

À titre d'illustration, la figure ci-dessous représente l'évolution du bruit éolien et du bruit résiduel au niveau d'une habitation (R5 - Quillien).

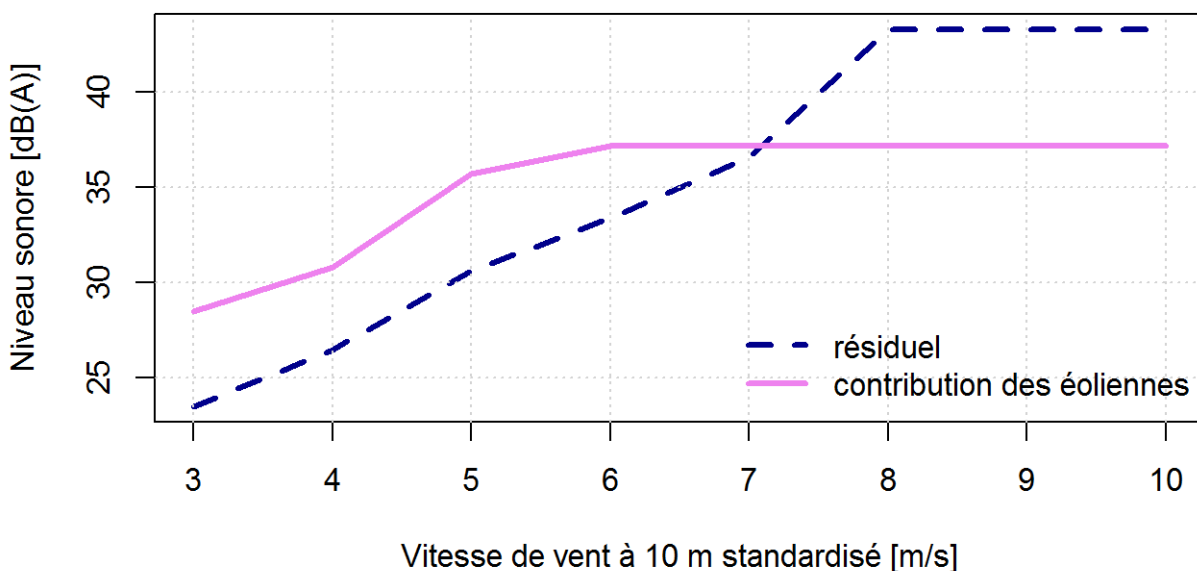


Figure 14: Exemple de comparaison entre le bruit résiduel et le bruit d'une éolienne

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'occurrences météorologiques).

7. Analyse de l'impact

7.1 Hypothèses d'émissions du projet

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 85 m et un rotor de 120 m de diamètre pour le projet de Quillien.

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 8: Puissances acoustiques du 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 17,5 dB(A) (point R1) et 38,7 dB(A) (point R5).

Les niveaux les plus élevés sont observés pour les vitesses de vent supérieures ou égales à 8 m/s à 10 m du sol.

Le tableau 9 ci-après présente les résultats des contributions du projet de Quillien :

Emplacement de mesure	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
R1	17,5	19,8	24,7	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
R2	19,7	22,1	26,9	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
R21	20,5	22,8	27,7	29,2	29,2	29,2	29,2	29,2
R3	27,1	29,5	34,3	35,9	35,9	35,9	35,9	35,9
R4	28,5	30,8	35,7	37,2	37,2	37,2	37,2	37,2
R5	30,0	32,3	37,2	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
R6	19,7	22	26,9	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4

Tableau 9: Contributions des éoliennes GE 2.75-120

7.3 Estimation des émergences globales

Les émergences en ZER sur le niveau global sont calculées en extérieur, critère le plus contraignant. Des 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 (Le niveau sonore ambiant étant inférieur à 35 dB(A)).

Les émergences supérieures à 3 dB associées à ces valeurs en vert seront alors réglementaires et indiquées en bleu.

JOUR										
Commune	Emplacement	Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Madeleine PLUMIEUX	R1	Bruit résiduel	33,7	34,5	37,2	40,2	43,8	48,4	49,8	49,8
		Bruit ambiant	33,8	34,6	37,4	40,4	43,9	48,4	49,8	49,8
		Émergence	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Le Bolay LES FORGES	R2	Bruit résiduel	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
		Bruit ambiant	28,1	29,4	33,4	37,3	41,7	46,5	48,8	48,8
		Émergence	0,7	0,9	1,1	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0
La Ville au Cerne PLUMIEUX	R21	Bruit résiduel	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
		Bruit ambiant	28,2	29,5	33,6	37,4	41,7	46,5	48,8	48,8
		Émergence	0,8	1,0	1,3	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0
Blaye LE CAMBOUT	R3	Bruit résiduel	32,2	32,7	35,5	38,4	42,3	46,7	49,8	49,8
		Bruit ambiant	33,4	34,4	38,0	40,3	43,2	47,0	50,0	50,0
		Émergence	1,2	1,7	2,5	1,9	0,9	0,3	0,2	0,2
Le Chef du Bos PLUMIEUX	R4	Bruit résiduel	34,7	34,6	35,4	37,2	39,4	42,9	45,6	45,6
		Bruit ambiant	35,6	36,1	38,6	40,2	41,5	43,9	46,2	46,2
		Émergence	0,9	1,5	3,2	3,0	2,1	1,0	0,6	0,6
Quillien PLUMIEUX	R5	Bruit résiduel	28,7	30,0	33,0	35,3	41,1	45,4	47,3	47,3
		Bruit ambiant	32,4	34,3	38,6	40,4	43,1	46,2	47,9	47,9
		Émergence	3,7	4,3	5,6	5,1	2,0	0,8	0,6	0,6
Treffainguy PLUMIEUX	R6	Bruit résiduel	29,4	30,5	32,7	36,6	40,0	44,2	45,0	45,0
		Bruit ambiant	29,8	31,1	33,7	37,2	40,3	44,3	45,1	45,1
		Émergence	0,4	0,6	1,0	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1

Tableau 10: Émergences extérieures diurnes en dB(A) pour un fonctionnement normal du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°

NUIT										
Commune	Emplacement	Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Madeleine PLUMIEUX	R1	Bruit résiduel	21,9	25,9	30,3	34,8	41,5	46,1	46,1	46,1
		Bruit ambiant	23,2	26,9	31,4	35,4	41,6	46,1	46,1	46,1
		Émergence	1,3	1,0	1,1	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0
Le Bolay LES FORGES	R2	Bruit résiduel	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
		Bruit ambiant	25,0	26,5	30,3	35,1	38,7	44,3	44,3	44,3
		Émergence	1,6	2,0	2,7	1,1	0,4	0,1	0,1	0,1
La Ville au Cerne PLUMIEUX	R21	Bruit résiduel	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
		Bruit ambiant	25,2	26,7	30,6	40,0	38,8	44,3	44,3	44,3
		Émergence	1,8	2,2	3,0	1,2	0,5	0,1	0,1	0,1
Blaye LE CAMBOUT	R3	Bruit résiduel	26,0	27,8	30,7	35,4	39,3	45,5	45,5	45,5
		Bruit ambiant	29,6	31,7	35,9	38,7	40,9	46,0	46,0	46,0
		Émergence	3,6	3,9	5,2	3,3	1,6	0,5	0,5	0,5
Le Chef du Bos PLUMIEUX	R4	Bruit résiduel	33,8	33,9	34,4	35,9	39,7	41,9	41,9	41,9
		Bruit ambiant	34,9	35,6	38,1	39,6	41,7	43,2	43,2	43,2
		Émergence	1,1	1,7	3,7	3,7	2,0	1,3	1,3	1,3
Quillien PLUMIEUX	R5	Bruit résiduel	23,5	26,5	30,6	33,4	36,6	43,3	43,3	43,3
		Bruit ambiant	30,9	33,3	38,0	39,9	40,8	44,6	44,6	44,6
		Émergence	7,4	6,8	7,4	6,5	4,2	1,3	1,3	1,3
Treffaiguay PLUMIEUX	R6	Bruit résiduel	23,1	24,3	26,8	31,4	38,1	42,0	42,0	42,0
		Bruit ambiant	24,7	26,3	29,8	33,2	38,5	42,2	42,2	42,2
		Émergence	1,6	2,0	3,0	1,8	0,4	0,2	0,2	0,2

Tableau 11: Émergences extérieures nocturnes en dB(A) pour un fonctionnement normal du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°

Émergences globales en ZER par vent de secteur 250°-310°

En période diurne:

Pour les classes de vitesse de vent 5 et 6 m/s, l'emplacement de mesure R5 présente des non-conformités (cases de couleur rouge).

Hormis cet emplacement, tous les autres emplacements de mesure sont conformes quelle que soit la vitesse de vent.

En période nocturne:

Pour les classes de vitesse de vent 5, 6 et 7 m/s, les emplacements de mesure R3, R4 et R5 présentent des non-conformités (case de couleur rouge).

Il y a donc non conformité à ces classes de vitesses de vent mesurées à 10 mètres de hauteur en mode de fonctionnement normal.

7.4 Fonctionnement optimisé

Les résultats montrent des dépassements d'émergences réglementaires en périodes diurne et nocturne pour le projet de Quillien.

À 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 précisées en annexe 7.

JOUR								
Modèle de machine	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120
Vitesse à 85m de hauteur	3,5	4,9	6,3	7,7	9,1	10,5	11,9	13,3
Vitesse standardisée 10m de hauteur Eolienne / Projet	3	4	5	6	7	8	9	10
E1	Normal mode	Normal mode	NRO 102	NRO 105	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
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	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode

NUIT								
Modèle de machine	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120	GE 2.75-120
Vitesse à 85m de hauteur	3,5	4,9	6,3	7,7	9,1	10,5	11,9	13,3
Vitesse standardisée 10m de hauteur Eolienne / Projet	3	4	5	6	7	8	9	10
E1	Normal mode	Normal mode	NRO 100	NRO 100	NRO 101	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E2	Normal mode	Normal mode	NRO 101	NRO 102	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E3	Normal mode	Normal mode	NRO 100	NRO 100	NRO 104	Normal mode	Normal mode	Normal mode
E4	Normal mode	Normal mode	NRO 101	NRO 102	Normal mode	Normal mode	Normal mode	Normal mode

Estimation des émergences après bridages

Les tableaux ci-dessous présentent les émergences diurnes et nocturnes après mise en place des bridages.

JOUR										
Commune	Emplacement	Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Madeleine PLUMIEUX	R1	Bruit résiduel	33,7	34,5	37,2	40,2	43,8	48,4	49,8	49,8
		Bruit ambiant	33,8	34,6	37,4	40,4	43,9	48,4	49,8	49,8
		Émergence	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Le Bolay LES FORGES	R2	Bruit résiduel	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
		Bruit ambiant	28,1	29,4	33,3	37,3	41,7	46,5	48,8	48,8
		Émergence	0,7	0,9	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0
La Ville au Cerne PLUMIEUX	R21	Bruit résiduel	27,4	28,5	32,3	36,7	41,5	46,4	48,8	48,8
		Bruit ambiant	28,2	29,5	33,4	37,4	41,7	46,5	48,8	48,8
		Émergence	0,8	1,0	1,1	0,7	0,2	0,1	0,0	0,0
Blaye LE CAMBOUT	R3	Bruit résiduel	32,2	32,7	35,5	38,4	42,3	46,7	49,8	49,8
		Bruit ambiant	33,4	34,4	37,9	40,3	43,2	47,0	50,0	50,0
		Émergence	1,2	1,7	2,4	1,9	0,9	0,3	0,2	0,2
Le Chef du Bos PLUMIEUX	R4	Bruit résiduel	34,7	34,6	35,4	37,2	39,4	42,9	45,6	45,6
		Bruit ambiant	35,6	36,1	37,9	40,0	41,5	43,9	46,2	46,2
		Émergence	0,9	1,5	2,5	2,8	2,1	1,0	0,6	0,6
Quillien PLUMIEUX	R5	Bruit résiduel	28,7	30,0	33,0	35,3	41,1	45,4	47,3	47,3
		Bruit ambiant	32,4	34,3	37,9	40,1	43,1	46,2	47,9	47,9
		Émergence	3,7	4,3	4,9	4,8	2,0	0,8	0,6	0,6
Treffainguy PLUMIEUX	R6	Bruit résiduel	29,4	30,5	32,7	36,6	40,0	44,2	45,0	45,0
		Bruit ambiant	29,8	31,1	33,5	37,2	40,3	44,3	45,1	45,1
		Émergence	0,4	0,6	0,8	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1

Tableau 12: Émergences extérieures diurnes pour un fonctionnement optimisé du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°

NUIT										
Commune	Emplacement	Type de bruit	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s
La Madeleine PLUMIEUX	R1	Bruit résiduel	21,9	25,9	30,3	34,8	41,5	46,1	46,1	46,1
		Bruit ambiant	23,2	26,9	30,7	35,0	41,6	46,1	46,1	46,1
		Émergence	1,3	1,0	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Le Bolay LES FORGES	R2	Bruit résiduel	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
		Bruit ambiant	25,0	26,5	28,9	34,4	38,6	44,3	44,3	44,3
		Émergence	1,6	2,0	1,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1
La Ville au Cerne PLUMIEUX	R21	Bruit résiduel	23,4	24,5	27,6	34,0	38,3	44,2	44,2	44,2
		Bruit ambiant	25,2	26,7	29,1	34,4	38,7	44,3	44,3	44,3
		Émergence	1,8	2,2	1,5	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1
Blaye LE CAMBOUT	R3	Bruit résiduel	26,0	27,8	30,7	35,4	39,3	45,5	45,5	45,5
		Bruit ambiant	29,6	31,7	33,7	36,9	40,8	46,0	46,0	46,0
		Émergence	3,6	3,9	3,0	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5
Le Chef du Bos PLUMIEUX	R4	Bruit résiduel	33,8	33,9	34,4	35,9	39,7	41,9	41,9	41,9
		Bruit ambiant	34,9	35,6	36,2	37,4	40,9	43,2	43,2	43,2
		Émergence	1,1	1,7	1,8	1,5	1,2	1,3	1,3	1,3
Quillien PLUMIEUX	R5	Bruit résiduel	23,5	26,5	30,6	33,4	36,6	43,3	43,3	43,3
		Bruit ambiant	30,9	33,3	35,0	36,4	39,5	44,6	44,6	44,6
		Émergence	7,4	6,8	4,4	3,0	2,9	1,3	1,3	1,3
Treffainguy PLUMIEUX	R6	Bruit résiduel	23,1	24,3	26,8	31,4	38,1	42,0	42,0	42,0
		Bruit ambiant	24,7	26,3	28,3	32,0	38,4	42,2	42,2	42,2
		Émergence	1,6	2,0	1,5	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2

Tableau 13: Émergences extérieures nocturnes pour un fonctionnement optimisé du projet de Quillien - direction de vent de 250°-310°

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

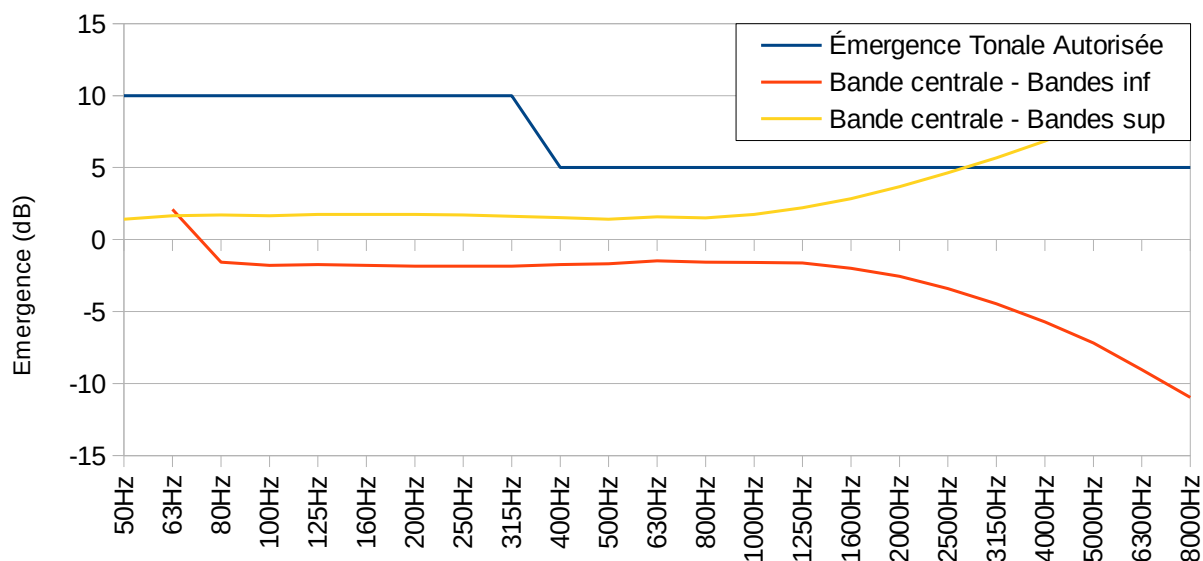


Figure 15: Représentation fréquentielle du critère de tonalité marquée du modèle GE 2.75-120

Pour être non conforme et présenter une tonalité marquée, il faut que les deux courbes jaune et rouge dépassent la ligne bleu pour la même fréquence.

Dans notre cas, le modèle ne présente de tonalité marquée.

7.6 Simulation du bruit maximal

Les machines considérées dans cette étude sont:

- Projet de Quillien: GE 2.75-120 avec mât de 85 m et rotor de 120 m

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:

- 174 m pour le projet de Quillien

La simulation nous donne une **valeur maximale de la contribution inférieure à 50 dB(A) à 174 m** quand les machines fonctionnent à régime nominal ($V_{ref10m}=8$ m/s).

Le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB(A) de jour et 60 dB(A) de nuit.

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

Si le niveau résiduel est supérieur à 60 dB(A) de nuit, alors le critère de bruit maximal ne s'applique plus.

De ce fait, le bruit ambiant maximal à 151 m et 174 m des éoliennes ne devrait pas dépasser les 60 dB(A) de nuit. Le niveau maximal de jour est de 70 dB(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 50 dB(A) en périmètre d'installation.

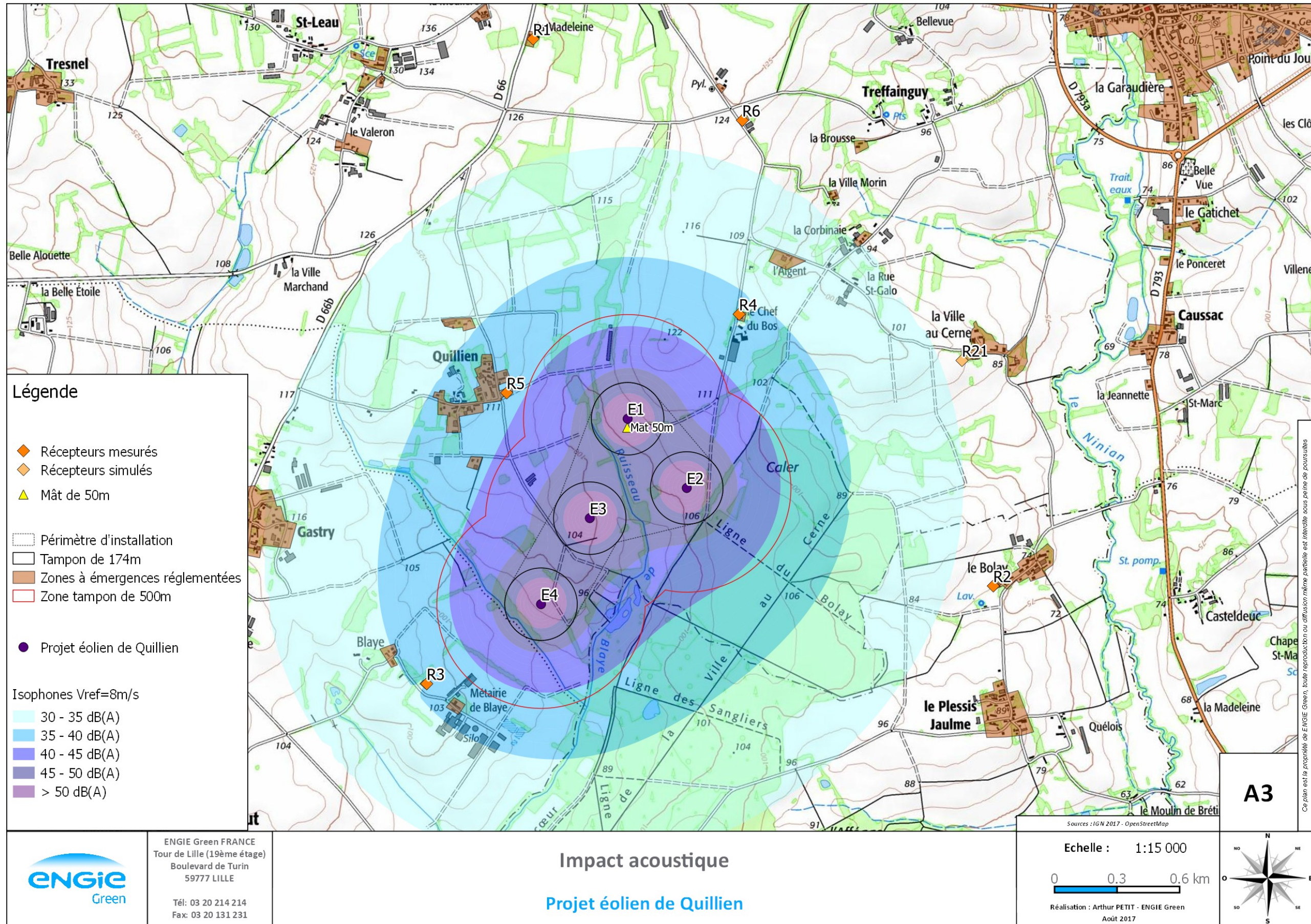


Figure 16: Carte des isophones de contributions pour un fonctionnement nominal à $V_{ref}10m=8m/s$ avec le périmètre d'installation à 174m et la zone tampon de 500m autour des éoliennes

7.7 Effet cumulé

7.7.1 Contexte réglementaire

Selon l'arrêté du 30 décembre 2011¹, l'étude d'impact doit comporter 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'incidence au titre de l'article R214-6 et d'une enquête publique (projets « loi sur l'eau » ou IOTA²) ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du code de l'environnement et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement a été rendu public.

7.7.2 Méthodologie du traitement de l'effet cumulé

S'il existe dans l'environnement du projet un parc éolien en fonctionnement géré par un autre exploitant, sa contribution est naturellement prise en compte dans les mesures de bruit résiduel qui peuvent être conservées telles quelles pour le calcul des émergences.

S'il existe un parc en fonctionnement géré par l'exploitant qui développe le projet, ses éoliennes doivent être arrêtées pour les mesures de bruit résiduel si l'éolienne la plus proche est à moins de 1,5 km des points de mesure de bruit. Si la distance est supérieure à 1,5 km, sa contribution au niveau sonore au point de mesure est négligeable et il n'y a pas à l'arrêter pour effectuer les mesures de bruit résiduel.

Le principe est le même pour un parc éolien en projet : si l'éolienne la plus proche est éloignée de plus de 1,5 km des points de mesure de bruit, il n'y a pas à évaluer sa contribution au bruit ambiant (pas de calcul d'effet cumulé).

7.7.3 Conclusion

Il n'y a pas de parc éolien existant ou en projet à moins de 1,5 km des points de mesure de bruit R2 à R6. Les plus proches sont les projets des Landiers et de Ker Anna distants de plus de 1,5 km du point de mesure R5-Quillien. Le récepteur R1 est exclu de cette analyse car l'impact du projet de Quillien après mise en place du plan de bridage est très faible en ce point et peut être négligé.

Deux avis de l'autorité environnementale ont été émis pour des projets non éoliens dans un rayon de 5 km au projet de Quillien. Ce sont deux projets liés de restructuration d'élevage porcin (transfert de certaines phases d'élevage d'un site à l'autre pour spécialiser chacun). Le site de Plumieux est à 1 km au nord du point R6-La Ville Morin. Il ne créera pas d'impact sonore en ce lieu.

1 : Arrêté du 30 décembre 2011 portant réforme des études d'impacts des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements.

2 : IOTA : Installations, Ouvrages, Travaux ou Activités qui peuvent avoir un effet sur la ressource en eau ou les écosystèmes aquatiques.

8. Conclusion

8.1 Analyse prévisionnelle

8.1.1 Émergences réglementaires - Bridages

Les émergences globales en ZER sont calculées à partir de la contribution des éoliennes (pour des vitesses de vent allant de 4 à 10 m/s à 10 m de hauteur) et du bruit existant déterminé 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 dB(A) hormis pour les classes de vitesse de vent 5 et 6 m/s.
- Les émergences globales estimées de nuit sont inférieures au seuil réglementaire de 3 dB(A) hormis pour les classes de vitesse de vent 5, 6 et 7 m/s.

De ce fait et dans le cas le plus défavorable (la machine la plus bruyante a été prise comme référence pour les simulations), la mise en place de **bridages diurne et nocturne** des machines pour les classes de vitesse de vent citées ci-dessus permettent de respecter les seuils réglementaires.

Cette étude est réalisée en gabarit. Le modèle de machine installé pourra évoluer avant l'installation. Le plan de fonctionnement sera donc amené à être 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 L_w 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 réalisée dans le cas le plus défavorable, ce critère de bruit maximal sera donc respecté quelle que 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 Quillien quelles que soient les périodes temporelles et les classes de vent après la mise en place de fonctionnements adaptés en période diurne et nocturne.

Compte tenu des incertitudes sur le mesurage et les calculs, des mesures de réception acoustique seront réalisées selon les normes en vigueur après la construction du parc pour s'assurer de sa conformité. Ces mesures permettront d'affiner les plans de gestion acoustique du parc. En effet, Les modes de fonctionnement proposés dans la présente étude sont établis en fonction des possibilités technologiques et des données disponibles au moment de la réalisation de l'étude. Ainsi, lors de la construction du parc, ils seront optimisés en fonction des améliorations les plus récentes réalisées sur le modèle de la machine retenue (améliorations intrinsèques de l'éolienne – cf. serrations sur le parc de Plumieux / Saint-Etienne-du-Gué de l'Isle - , réduction de puissance, combinaison de modes de bruit réduits, etc.). Une attention particulière sera portée aux Zones à Émergence Importante. **Pour ces raisons évidentes, le plan de bridage ne peut pas être figé au moment de la délivrance de l'autorisation d'exploiter.**

Annexe 1 : 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]

Annexe 2 : Arrêté du 26/08/2011

27 août 2011

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Texte 14 sur 136

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 I^{er} 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. 1^{er}. – 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 1^{er} 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
<i>Radar météorologique</i>	
Radar de bande de fréquence C	20
Radar de bande de fréquence S	30
Radar de bande de fréquence X	10
<i>Radar de l'aviation civile</i>	
Radar primaire	30

	DISTANCE MINIMALE d'éloignement en kilomètres
Radar secondaire VOR (Visual Omni Range)	16 15
<i>Radar des ports (navigations maritimes et fluviales)</i>	
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 aux dites 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 solidoienne 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 1^{er} 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 1^{er} 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 ; ».

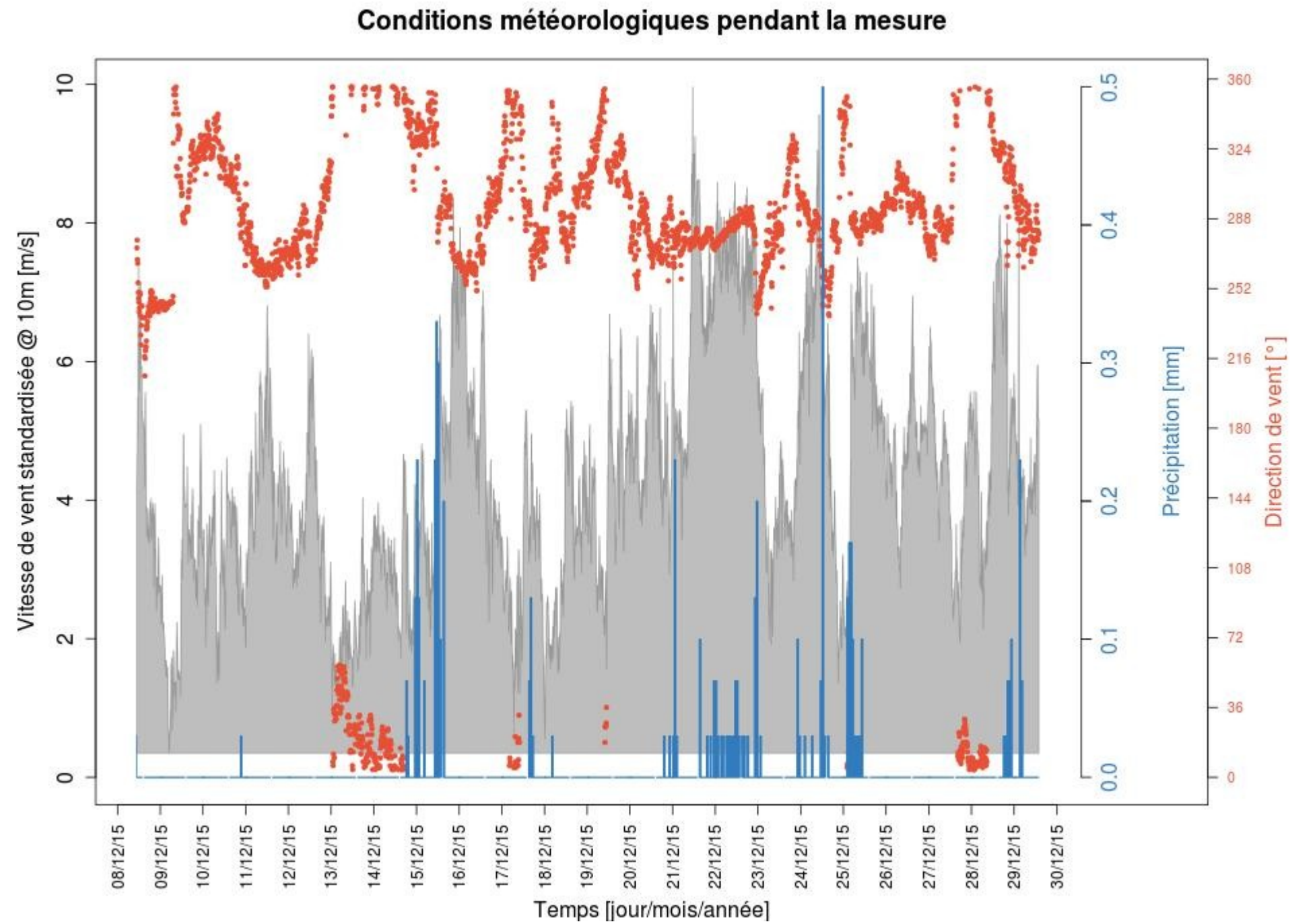
Art. 31. – Le directeur général de la prévention des risques est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au *Journal officiel* de la République française.

Fait le 26 août 2011.

Pour la ministre et par délégation :

*Le directeur général
de la prévention des risques,
L. MICHEL*

Annexe 3 : Conditions météorologiques pendant les mesures



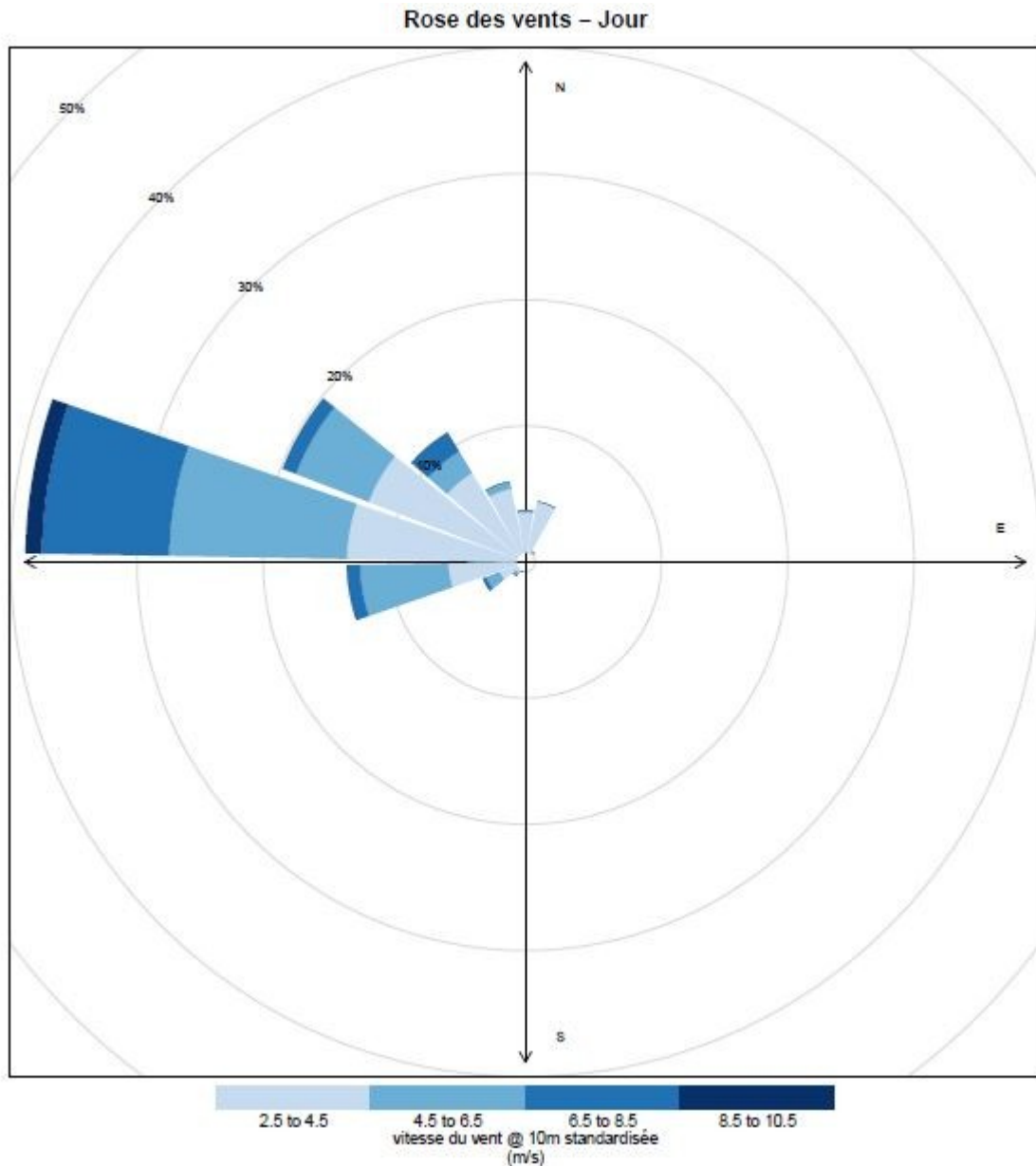


Figure 17: Rose des vents diurne (secteurs de 20 degrés) pendant la campagne. Mesure de la vitesse et de la direction du vent sur le mât de 50m de hauteur situé à proximité de l'éolienne E1

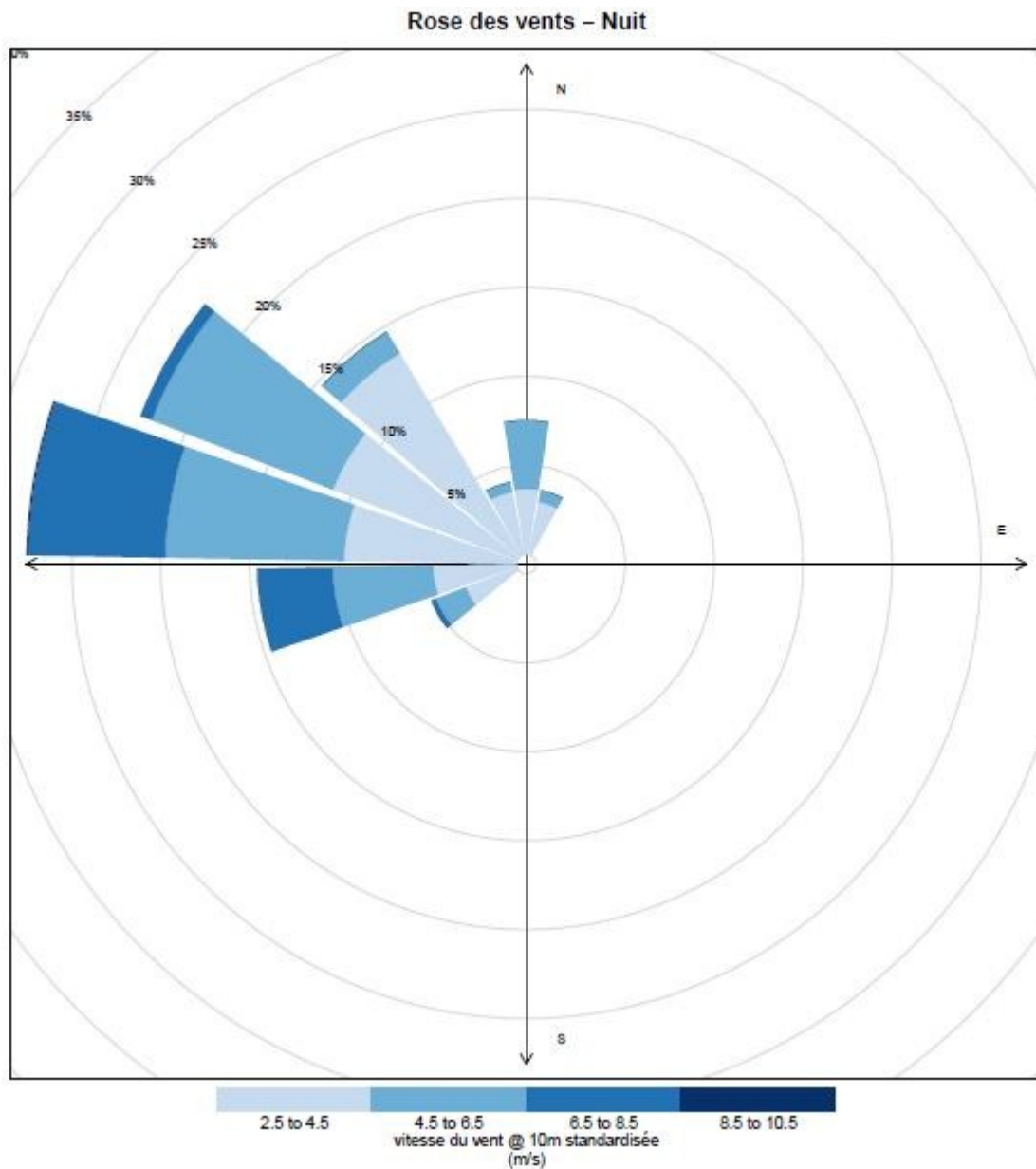


Figure 18: Rose des vents nocturne (secteurs de 20 degrés) pendant la campagne. Mesure de la vitesse et de la direction du vent sur le mât de 50m de hauteur situé à proximité de l'éolienne E1

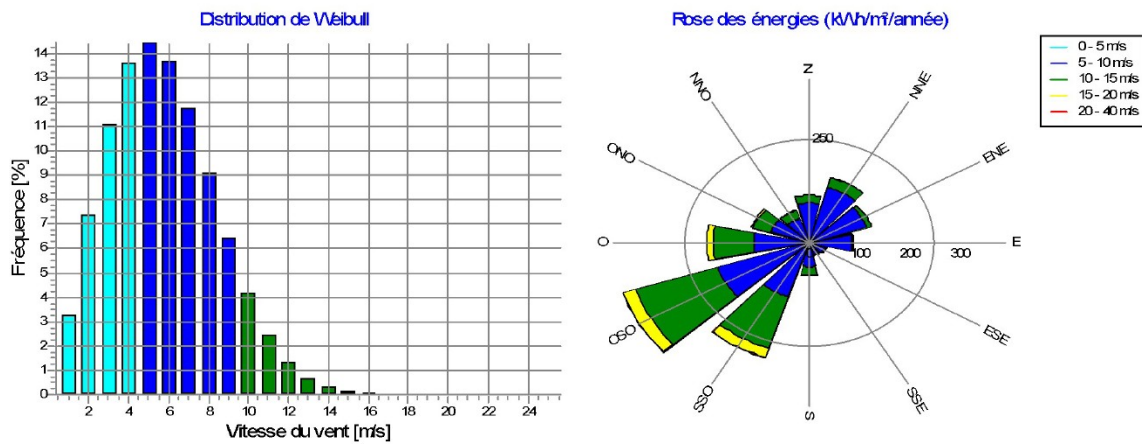


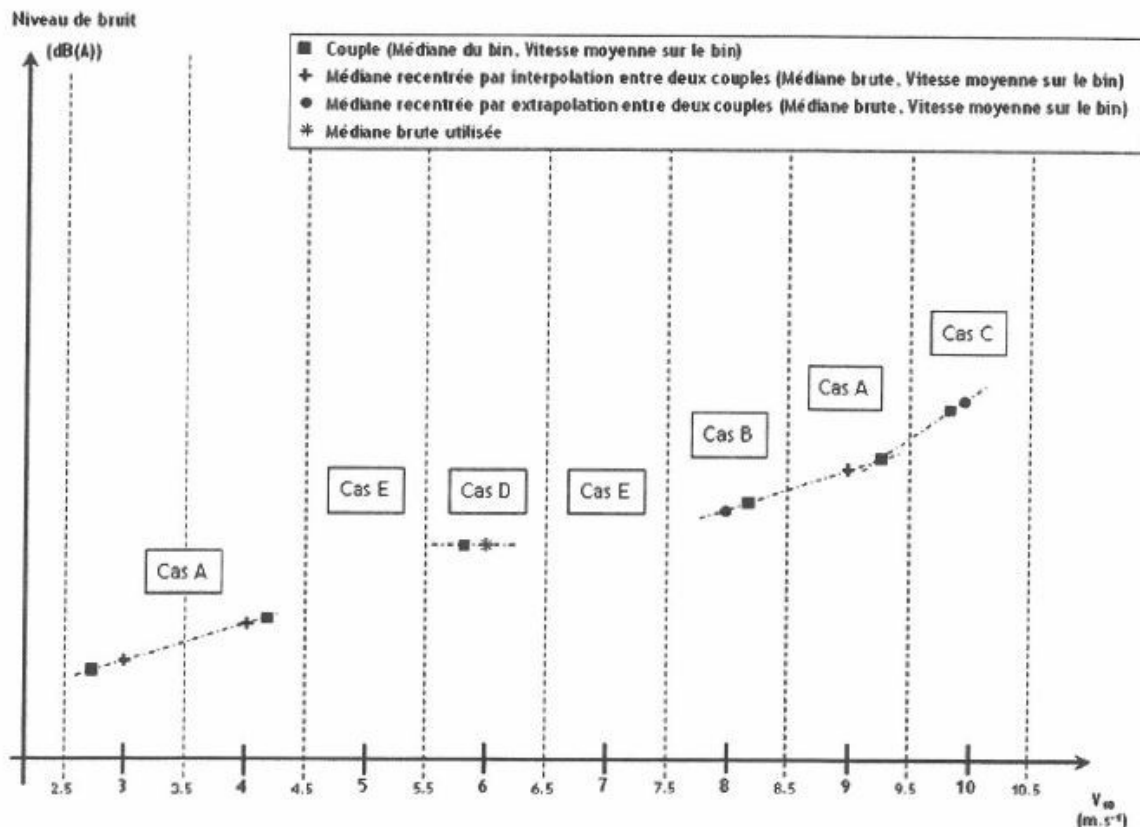
Figure 19: Distribution des vitesses de vent à 89 m et rose des énergies de longue durée. Données issues d'un mât de mesures de 50 m de hauteur situé sur la commune de Plumieux, à 3 km du projet

Annexe 4 : 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) :

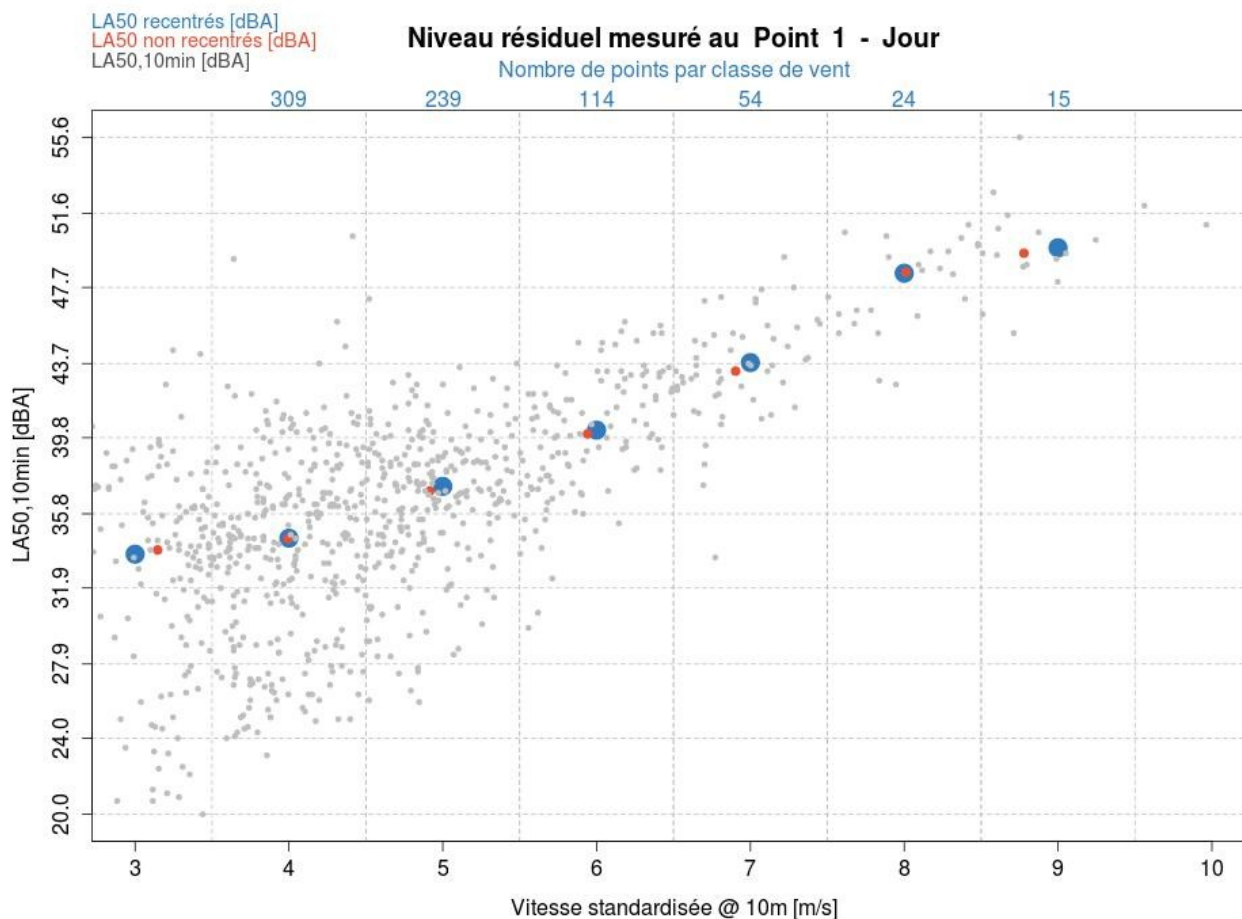
- Cas A = cas classique : La médiane recentrée est obtenue par interpolation linéaire entre les couples (vitesse moyenne, indicateur sonore brut: L50,10min).
- Cas B : Si la moyenne des vitesses de vent d'une classe est inférieure à la vitesse entière de la classe, et que cette classe est la plus haute ou que les données de la classe supérieure sont inexploitable 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 inexploitable 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."



Annexe 5 : Nuages de points et niveaux retenus

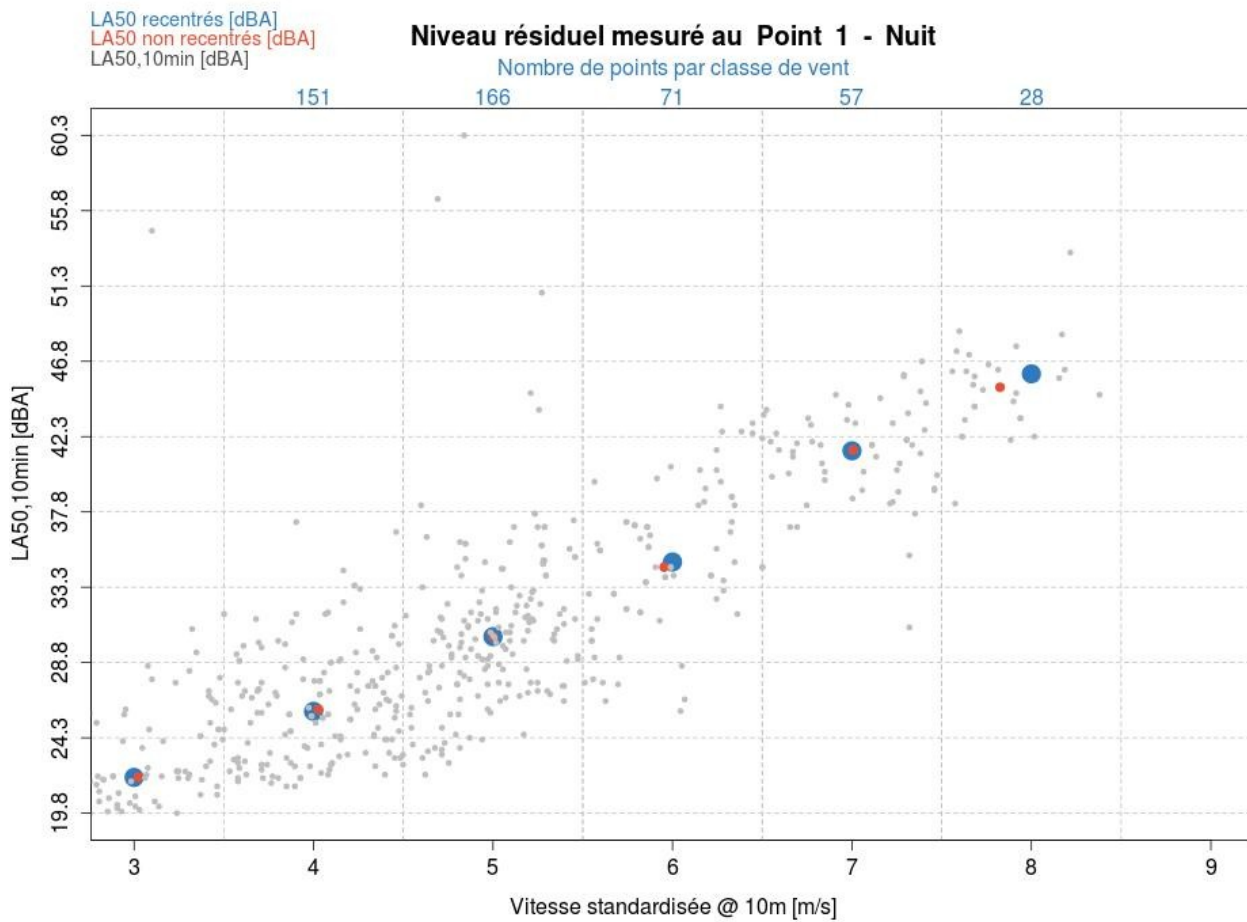
Point 1 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	33,7
4	309	34,5
5	239	37,2
6	114	40,2
7	54	43,8
8	24	48,4
9	15	49,8
10	2	/
11	0	/
12	0	/



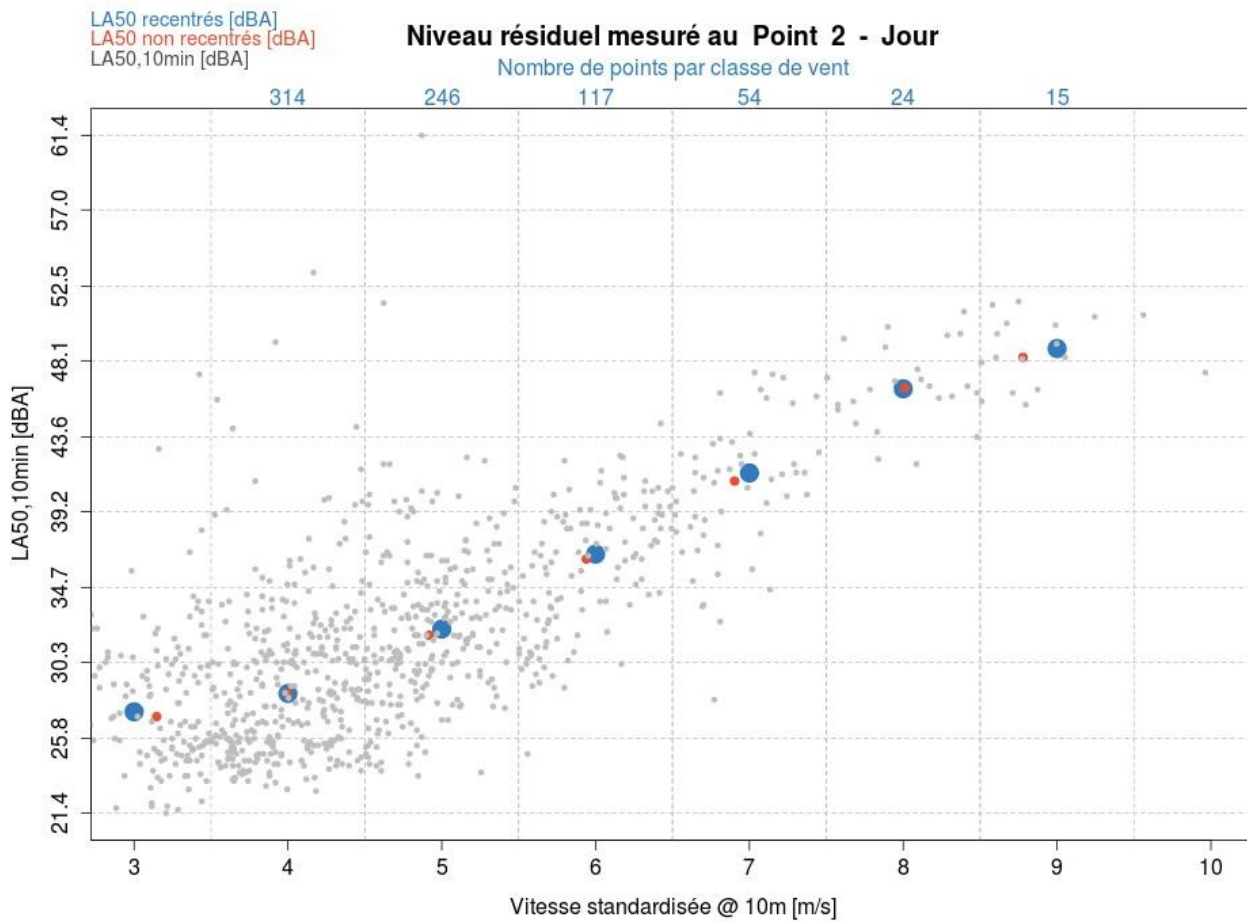
Point 1 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	21,9
4	151	25,9
5	166	30,3
6	71	34,8
7	57	41,5
8	28	46,1
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



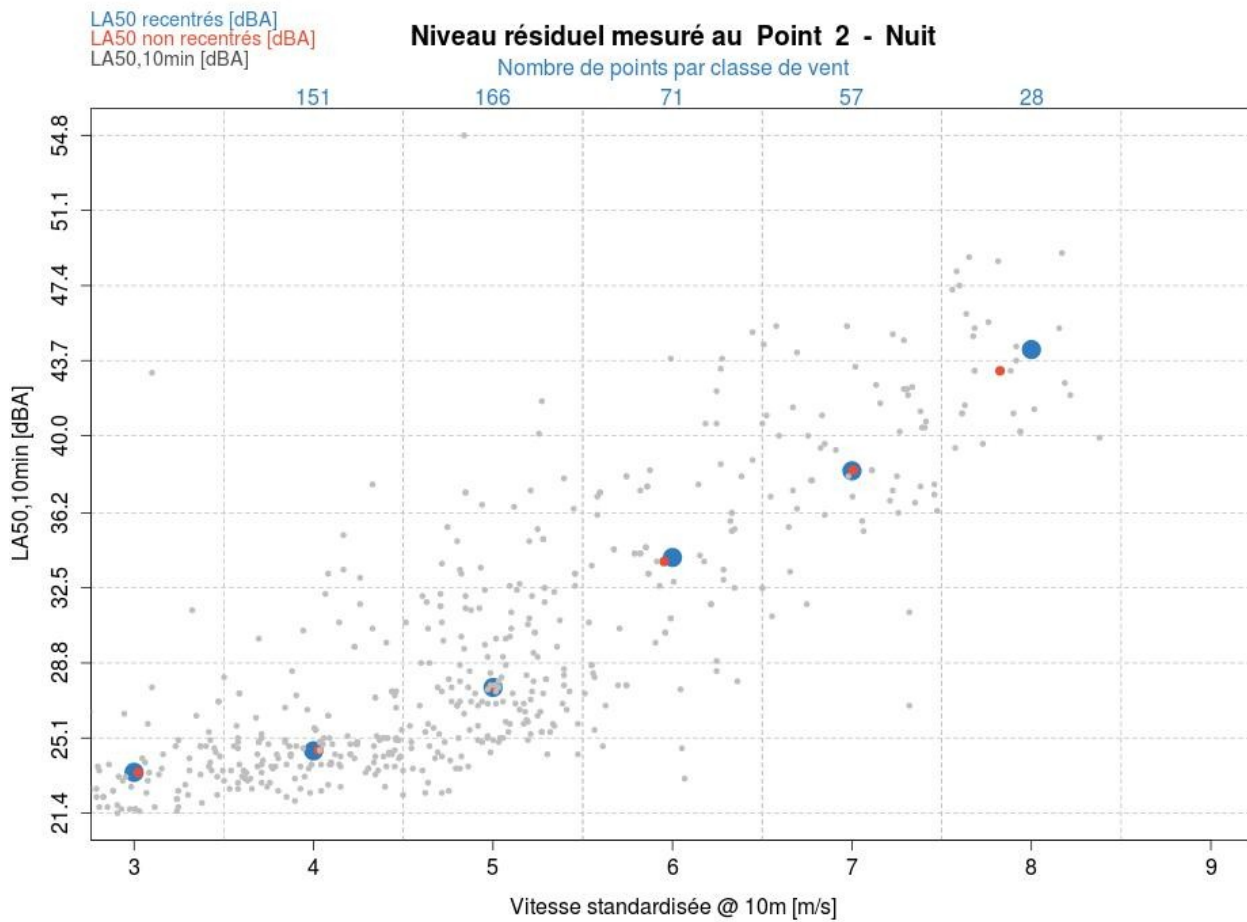
Point 2 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	27,4
4	314	28,5
5	246	32,3
6	117	36,7
7	54	41,5
8	24	46,4
9	15	48,8
10	2	/
11	0	/
12	0	/



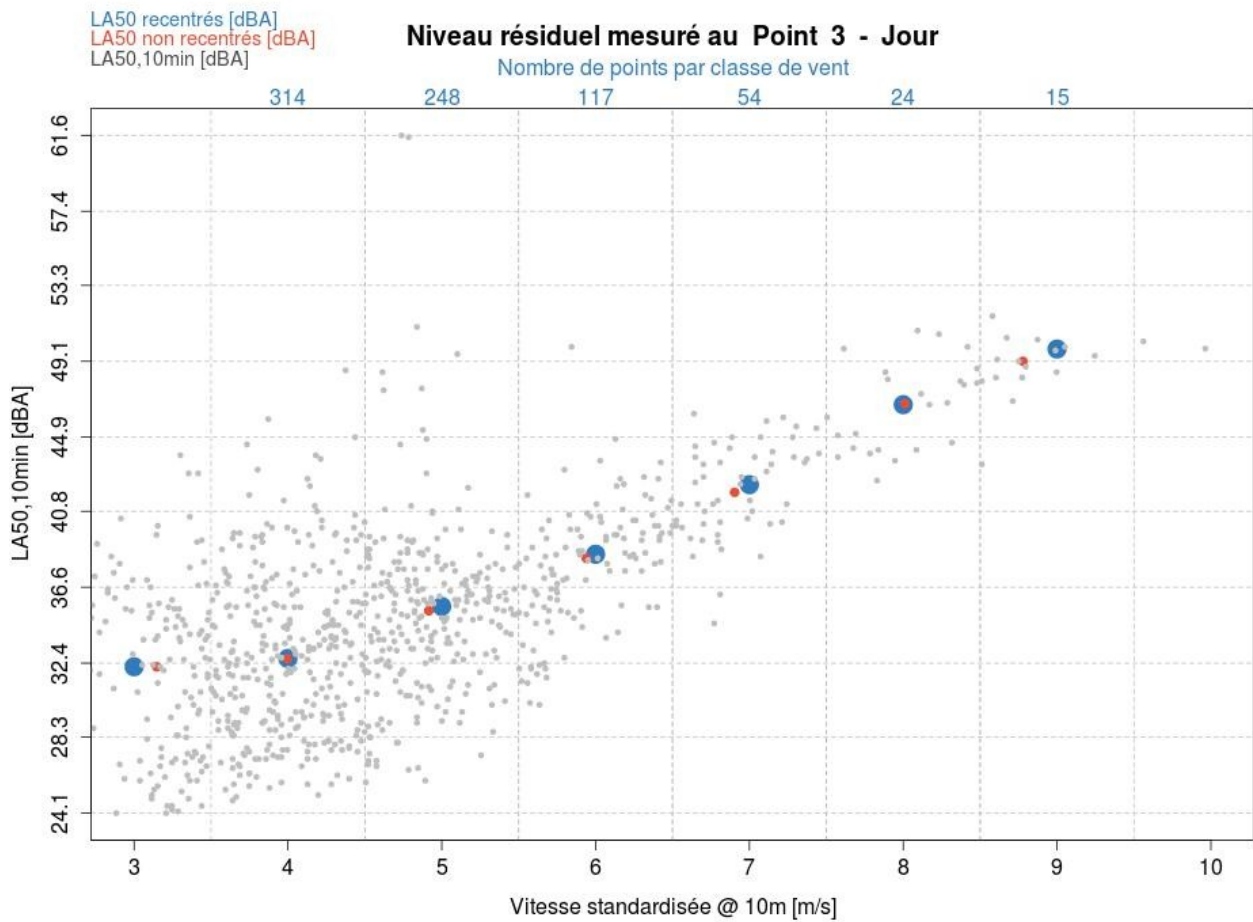
Point 2 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	23,4
4	151	24,5
5	166	27,6
6	71	34,0
7	57	38,3
8	28	44,2
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



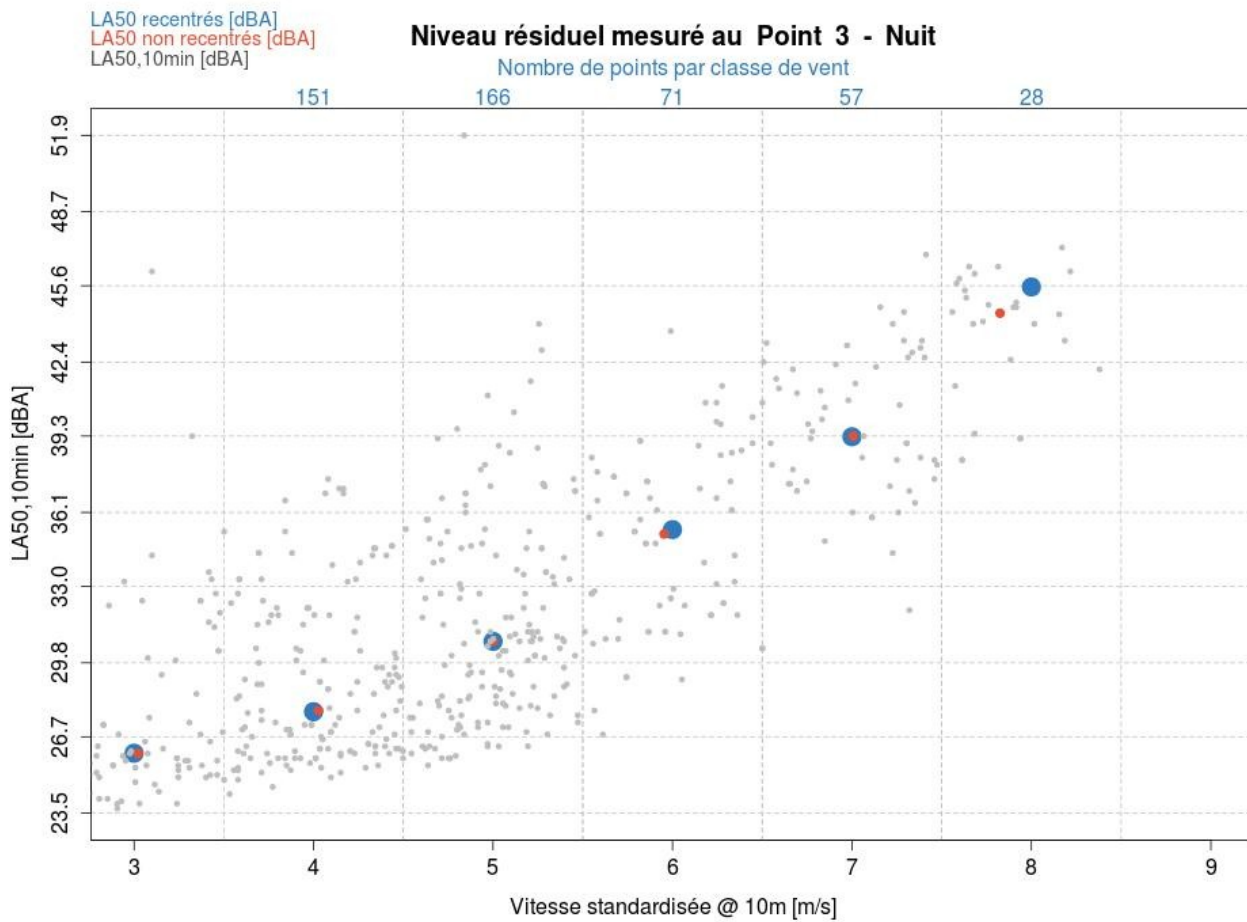
Point 3 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	32,2
4	314	32,7
5	248	35,5
6	117	38,4
7	54	42,3
8	24	46,7
9	15	49,8
10	2	/
11	0	/
12	0	/



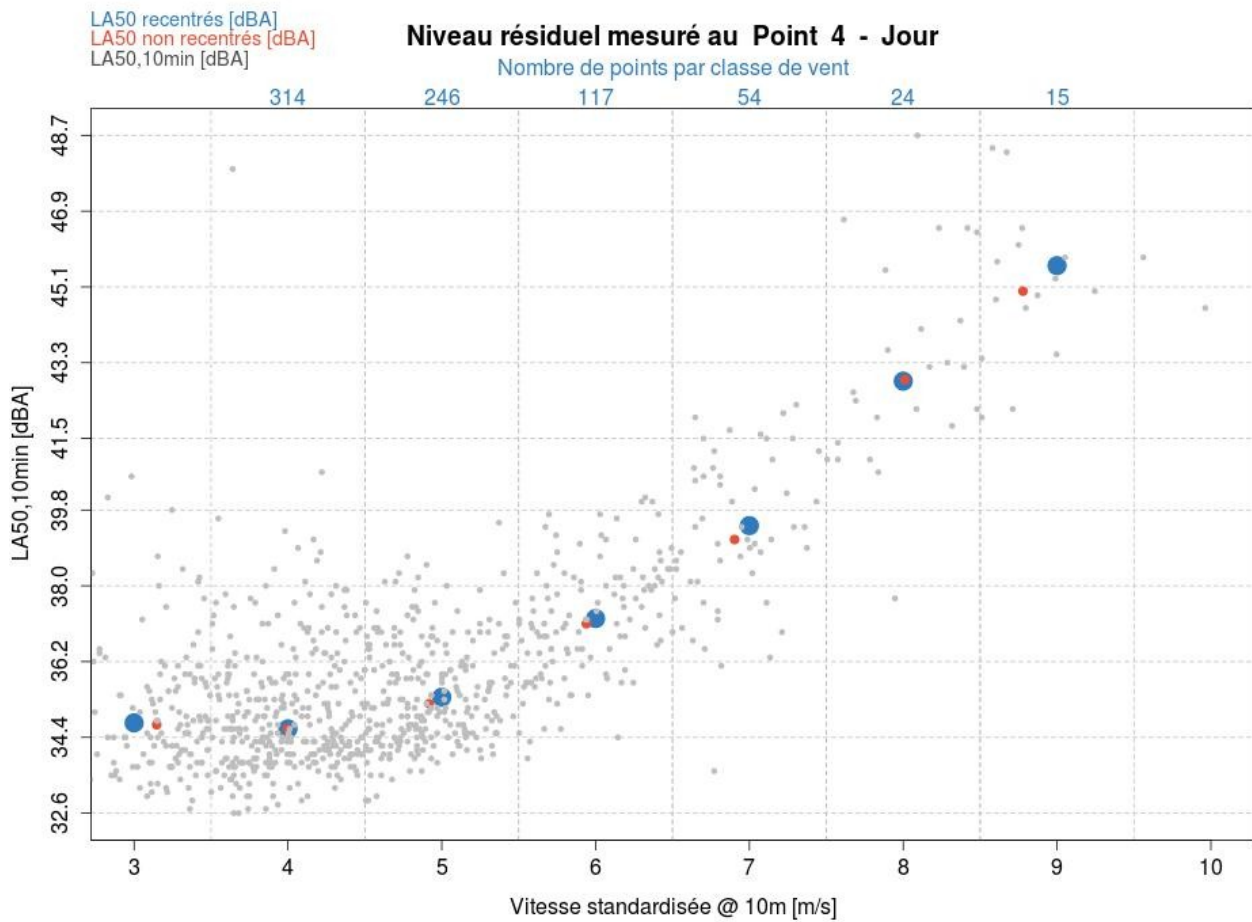
Point 3 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	26,0
4	151	27,8
5	166	30,7
6	71	35,4
7	57	39,3
8	28	45,5
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



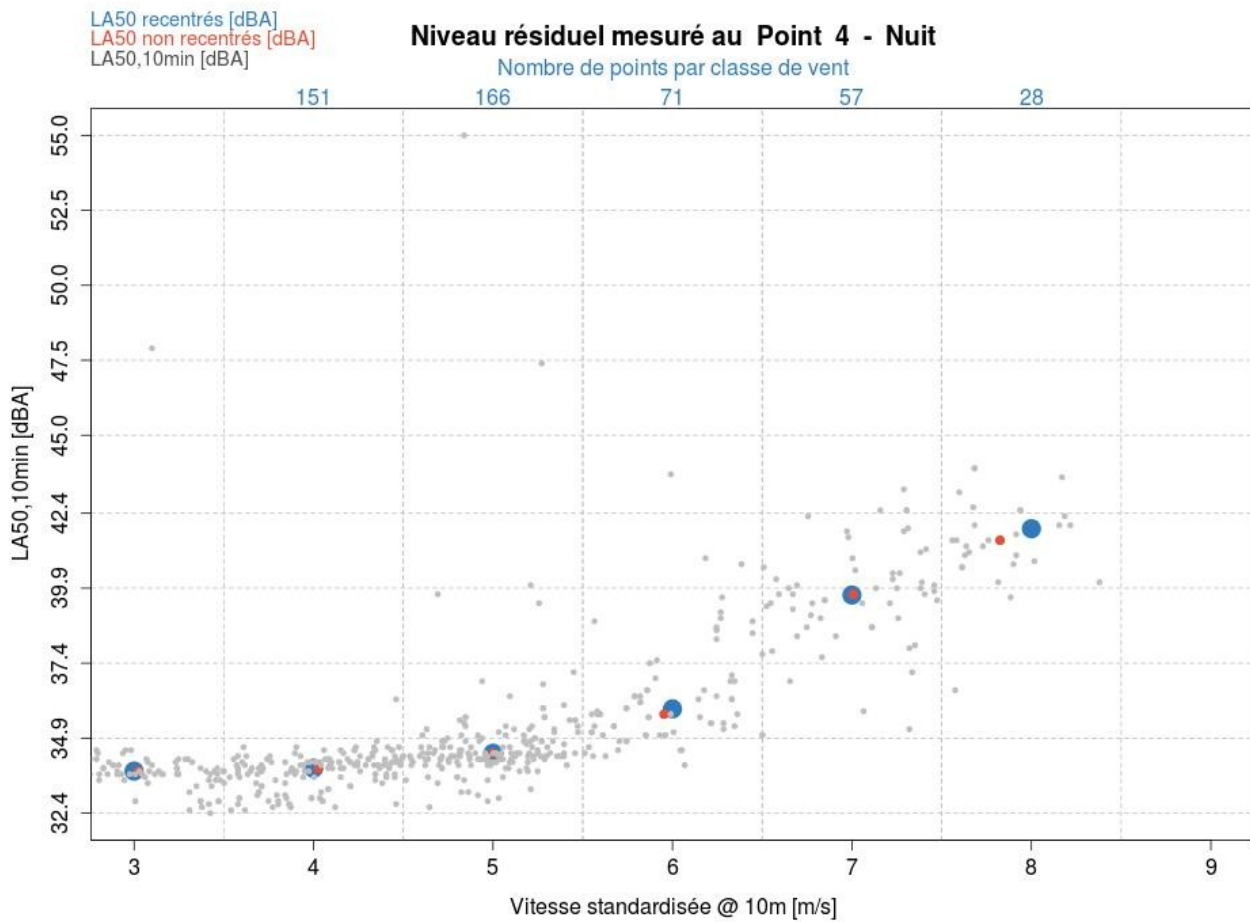
Point 4 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	34,7
4	314	34,6
5	246	35,4
6	117	37,2
7	54	39,4
8	24	42,9
9	15	45,6
10	2	/
11	0	/
12	0	/



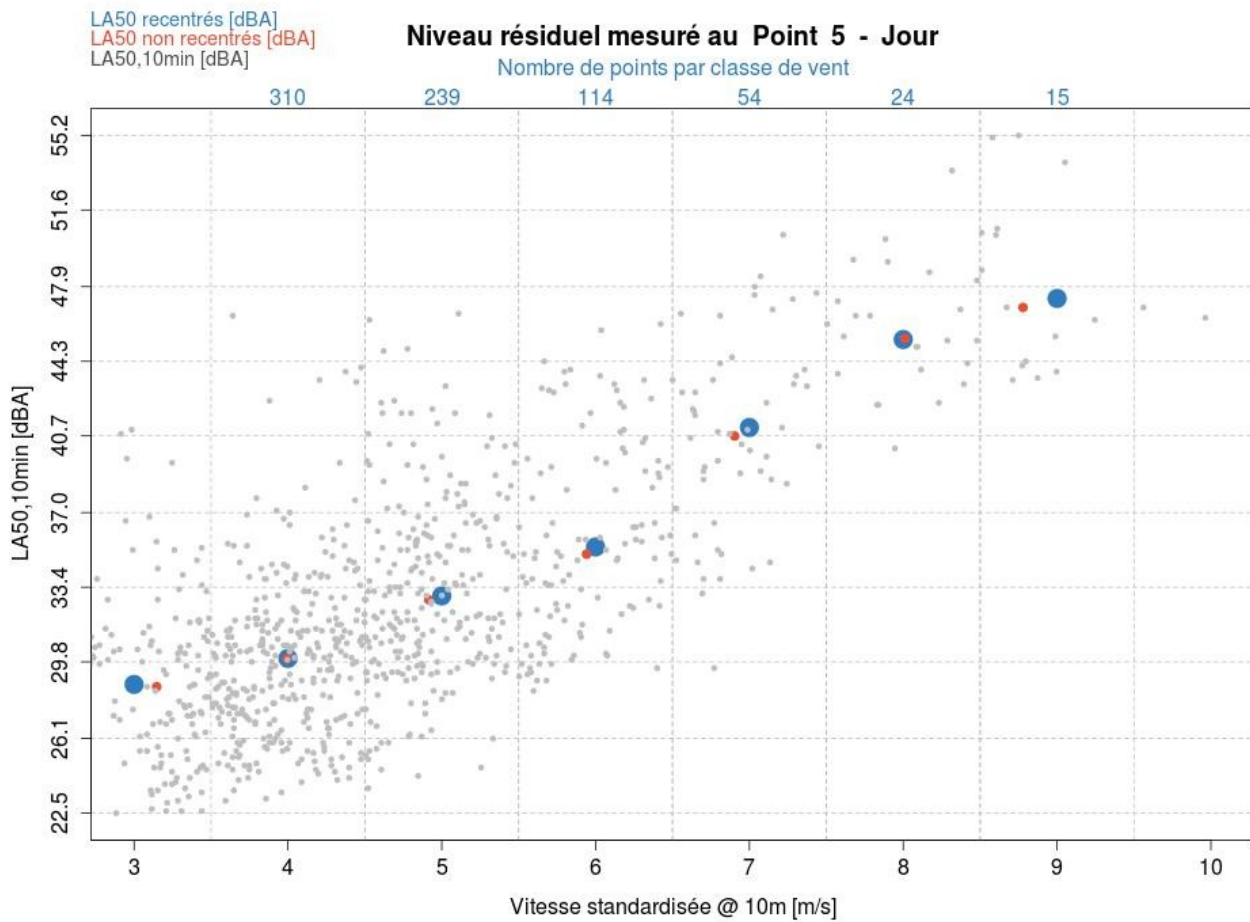
Point 4 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	33,8
4	151	33,9
5	166	34,4
6	71	35,9
7	57	39,7
8	28	41,9
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



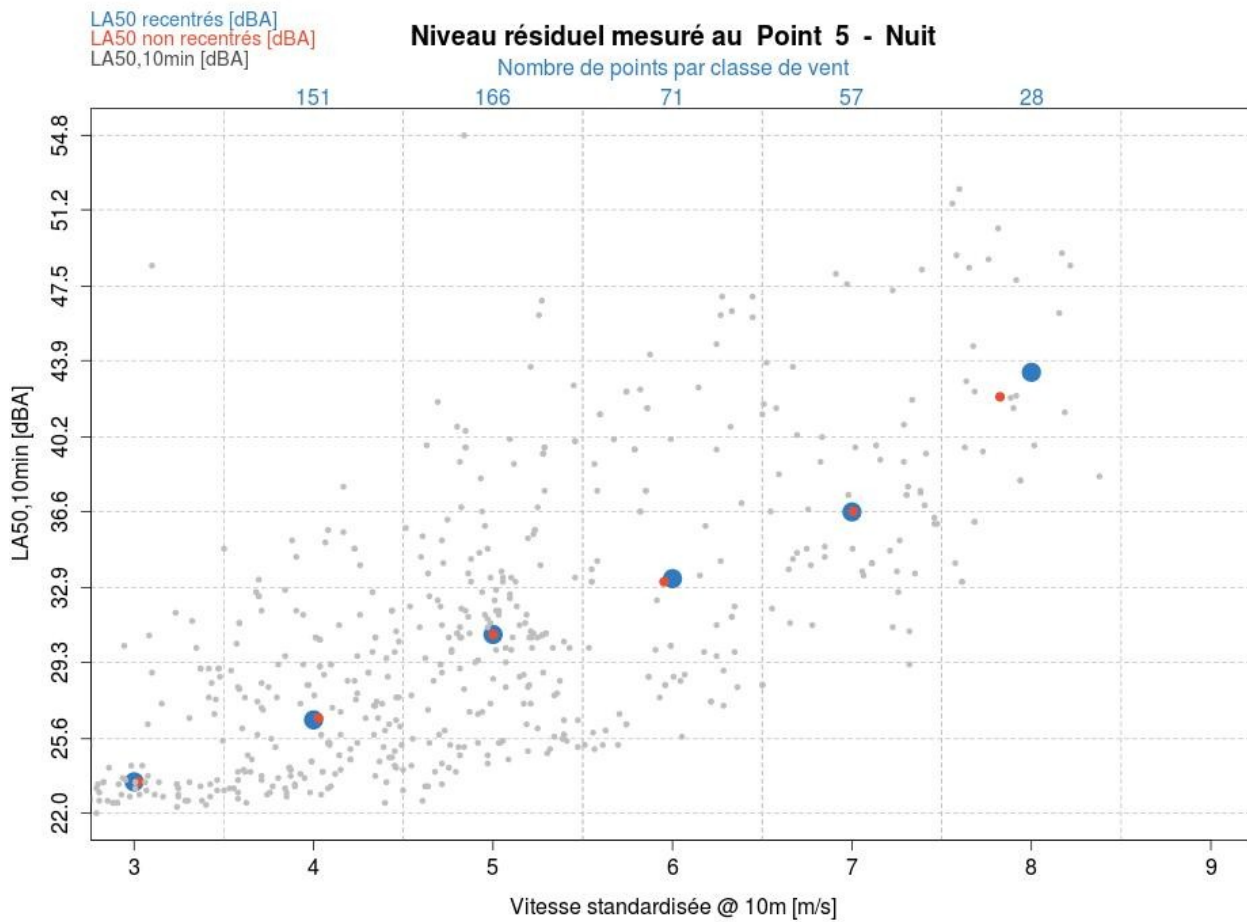
Point 5 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	28,7
4	310	30,0
5	239	33,0
6	114	35,3
7	54	41,1
8	24	45,4
9	15	47,3
10	2	/
11	0	/
12	0	/



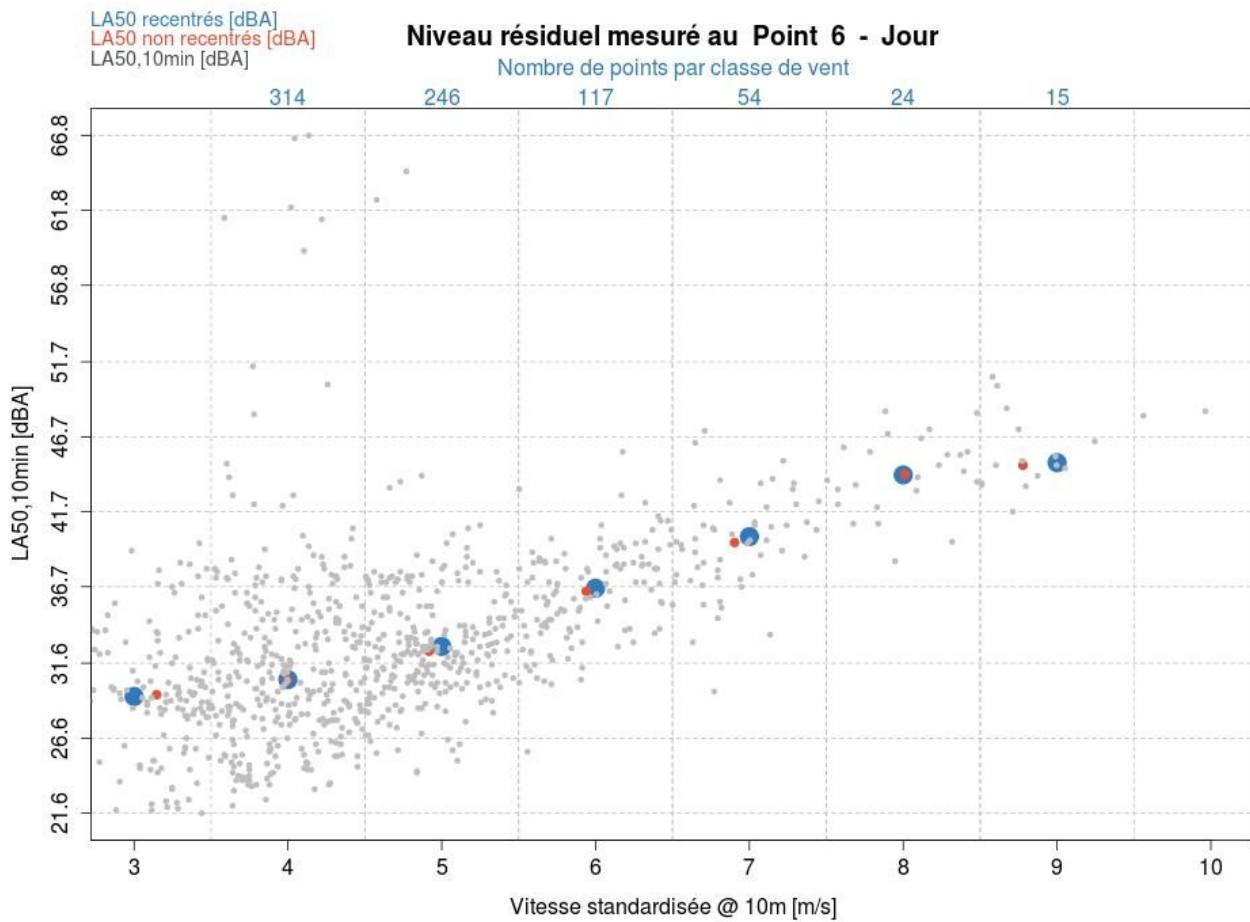
Point 5 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	23,5
4	151	26,5
5	166	30,6
6	71	33,4
7	57	36,6
8	28	43,3
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



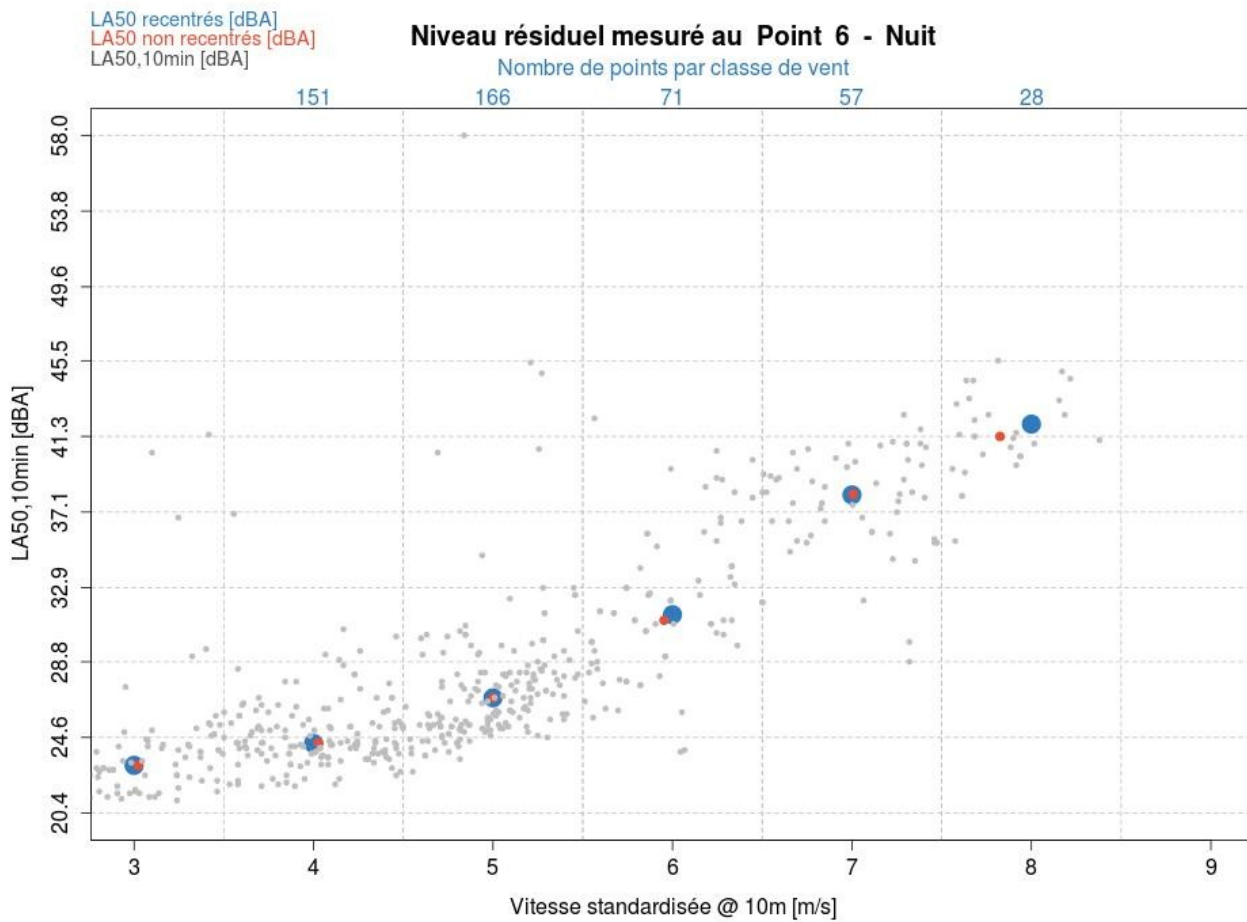
Point 6 – Niveau résiduel – période jour – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	141	29,4
4	314	30,5
5	246	32,7
6	117	36,6
7	54	40,0
8	24	44,2
9	15	45,0
10	2	/
11	0	/
12	0	/



Point 6 – Niveau résiduel – période nuit – plage direction: 250°-310°

Vref 10m	Nombre échantillons	Niveau global
3	88	23,1
4	151	24,3
5	166	26,8
6	71	31,4
7	57	38,1
8	28	42,0
9	0	/
10	0	/
11	0	/
12	0	/



Annexe 6 : 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 influencer 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.

Annexe 7 : 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:

MODELE GE 2.75-120

Nom courbe de puissance V moyen 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	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5	48,5
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

SAS Eolis.L'Etournelle