

Dossier de demande d'autorisation environnemental :

Volume 4 - Expertises spécifiques : Expertise acoustique

Janvier 2026

C.E.P.E. Côte Moret

Dossier de demande d'Autorisation
Environnementale



Rapport de l'étude d'impact acoustique du projet éolien de Côte Moret

Numéro de document	Type de document	Processus	Thématique
FR-MS03-048096	TEMPLATE	Développement éolien	Productible / production électrique
Auteur	Approbateur	Vérificateur	Utilisateurs
Cecile Camelin	-	-	Études techniques et énergétiques

Formulaire :	Procédure :
Rapport de l'étude d'impact acoustique du projet éolien , FR-MS03-048096	Acoustique – Procédure pour l'étude d'impact acoustique d'un parc éolien, FR-MS03-048067

Sommaire

1 INTRODUCTION	4
1.1 Rappel du contexte	4
1.2 Présentation du projet	4
2 ACOUSTIQUE ET EOLIENNES - GENERALITES	5
2.1 Définitions	5
2.2 Généralités	7
2.2.1 Niveaux de bruit couramment rencontrés	7
2.2.2 Recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé	7
2.2.3 Infrasons	7
2.3 Généralités sur le bruit d'une éolienne	8
2.3.1 Origine du bruit d'une éolienne	8
2.3.2 Variation du bruit d'une éolienne avec la vitesse du vent	8
3 REGLEMENTATION	10
3.1 Critère d'émergence	10
3.2 Critère de tonalité marquée	10
3.3 Limite de bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation	10
4 METHODOLOGIE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE ET IDENTIFICATION DES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE	11
4.1 Processus d'une étude acoustique	11
4.2 Identification des zones à émergence réglementée (ZER)	13
5 ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT SONORE DU SITE	14
5.1 Campagne de mesures du bruit résiduel	14
5.1.1 Sélection des points de mesure du bruit résiduel	14
5.1.2 Instrument de mesure du bruit	20
5.1.3 Instrument de mesure du vent	20
5.1.4 Durée des mesures	20
5.1.5 Conditions climatiques durant la campagne de mesure du bruit résiduel	21
5.2 Analyse du bruit résiduel	22
5.2.1 Principe d'analyse	22
5.2.2 Choix des classes homogènes	22
5.2.3 Nombre de points de mesure par classe de vitesse de vent	23
5.2.4 Indicateurs de bruit résiduel retenu pour chaque classe homogène	24
6 MODÉLISATION DE L'IMPACT SONORE DU PROJET ÉOLIEN DE côte Moret	25
6.1 Caractéristiques des éoliennes	25

6.2 Hypothèses sur la Propagation	26
6.3 Points de calcul retenus au sein des ZER	27
7 EVALUATION DE l'impact sonore	29
7.1 Rappel de la réglementation	29
7.2 Impact sonore du parc eolien de cote moret sans bridage	29
7.2.1 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 1 – Période cœur de journée	29
7.2.2 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 2 – Période fin de journée	30
7.2.3 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 3 – Période cœur de nuit	31
7.2.4 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 4 – Période fin de nuit	32
7.4 Optimisation de l'impact du parc	34
7.4.1 Comment réduire l'impact du parc : le bridage	34
7.4.2 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 2 – Période fin de journée	35
7.4.3 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 3 – Période cœur de nuit	35
7.4.4 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 4 – Période fin de nuit	36
7.5 Tonalité marquée	37
7.6 Bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation	38
7.7 Analyse des effets acoustiques cumulés avec un projet voisin	40
8 CONCLUSION	41
9 AUTEURS	41
10 RÉFÉRENCES	41
10.1 Législatives	41
10.2 Normatives	41
10.3 Scientifiques	41
ANNEXES	42
Annexe 1 Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site	43
Annexe 2 Certificats d'émission sonore de l'éolienne retenue	51

Formulaire :	Procédure :
Rapport de l'étude d'impact acoustique du projet éolien , FR-MS03-048096	Acoustique – Procédure pour l'étude d'impact acoustique d'un parc éolien, FR-MS03-048067

Table des illustrations

Figure 1 : Localisation Zone projet et les parcs voisins	4
Figure 2 : Bruit résiduel, bruit ambiant et émergence	5
Figure 3 : Représentation des spectres par bandes de 1/3 d'octave	6
Figure 4 : Vitesse de vent standardisée - Hauteur de référence : Href = 10m	6
Figure 5 : Niveaux de bruit générés par diverses sources sonores	7
Figure 6 : Evolution de la puissance sonore d'une éolienne au niveau de la nacelle pour 2 modes de fonctionnement.....	9
Figure 7: Exemple de spectre par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées	10
Figure 8 : Schéma de principe d'une étude d'impact acoustique d'un projet éolien (évaluation des émergences)	12
Figure 9 : Localisation des ZER dans le périmètre de l'étude acoustique ainsi que des ZER retenues pour l'analyse.....	13
Figure 10 : Localisation des points de mesure au sein des ZER	19
Figure 11 : Photographie d'un sonomètre en cours d'utilisation	20
Figure 12 : Distributions des vitesses de vent mesurée durant la campagne acoustique du 19/04 au 31/05/2023 et estimée sur le long-terme	21
Figure 13 : Rose des vents mesurée pendant la campagne acoustique	21
Figure 14 : Rose des vents long terme	21
Figure 15 : Exemple de nuage de points illustrant la corrélation des niveaux sonores du bruit résiduel avec la vitesse de vent sur site	22
Figure 16 : Courbes d'émissions sonores en fonction de la vitesse de vent pour différentes éoliennes	25
Figure 17 : Illustration d'une configuration de 2 lieux soumis à des impacts sonores différents.....	27
Figure 18 : Localisation des points de calcul et des points de mesure au sein des ZER étudiées.....	28
Figure 19 : Spectre de 1/3 d'octave non pondéré pour l'éolienne N149-4.5MW	38
Figure 20 : Périmètre de mesure du bruit du parc éolien et bruit ambiant.....	39
Figure 21 : Périmètre de 2km autour des parcs autour du projet de Côte Moret (le projet de Combe Rougeux est trop loin pour apparaitre sur la carte).....	40
Figure 22 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour les ZER Garde Barrière et Gare (Point de mesure A - La Saur)	43
Figure 23 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Soulaincourt (Point de mesure B - Soulaincourt)	44
Figure 24 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER d'Echenay (Point de mesure C - Echenay).....	45

Figure 25 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Harméville (Point de mesure D - Harméville).....	46
Figure 26 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Courberoies (Point de mesure E - Courbevoies)	47
Figure 27 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Brouthières (Point de mesure F - Brouthières).....	48
Figure 28 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Thonnance-les-Moulins (Point de mesure G – Thonnance-les-Moulins)	49
Figure 29 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Bressoncourt (Point de mesure H - Bressoncourt)	50

1 INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats de l'étude d'impact acoustique réalisée dans le cadre du projet éolien de Côte Moret.

1.1 RAPPEL DU CONTEXTE

Depuis la publication du décret n°2011-984 instituant l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 [1] ci-après dénommé « l'arrêté du 26 août 2011 », les projets éoliens sont soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Ce décret soumet :

- Au régime d'autorisation les installations d'éoliennes comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure ou égale à 50 mètres, ainsi que celles comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance supérieure ou égale à 20 MW ;
- Au régime de déclaration les installations d'éoliennes comprenant des aérogénérateurs d'une hauteur comprise entre 12 et 50 mètres et d'une puissance inférieure à 20 MW.

Le projet éolien de Côte Moret est soumis au régime d'autorisation, et fait donc l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement dont la partie expertise acoustique est décrite dans ce document.

L'ensemble des textes législatifs, normatifs et scientifiques dont il est fait référence dans ce document sont détaillés au chapitre 8.

1.2 PRESENTATION DU PROJET

Le projet éolien de Côte Moret est situé dans le département de la Haute-Marne (52), sur la commune de Thonnance-les-Moulins.

Le projet est composé de 6 éoliennes d'une hauteur maximale en bout de pales de 180 m.

La zone est plutôt vallonnée, composée principalement de champs et de quelques boisements et haies. L'environnement sonore est typique d'une zone rurale calme avec une activité agricole marquée le jour et des nuits calmes.

Il existe, à ce jour, un parc éolien construit divisé en 2 poches dans un rayon de 5km autour de la zone d'implantation potentielle du projet étudié :

- [1] Les Hauts-Pays – Le Mont Doré, sur les communes de Effincourt, Pansey et Aingoulaincourt, mis en service en juillet 2010, exploité par Erelia
- [2] Les Hauts-Pays – Le Haut Mont, sur les communes de Epizon, Germay et Thonnance-les-Moulins, mis en service en juillet 2010, exploité par Erelia.

Ces parcs font naturellement partie de l'environnement sonore local : leurs émissions sonores sont donc capturées dans les mesures de bruit résiduel de la campagne acoustique.

Il existe, à ce jour, un projet ayant obtenu un arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter. Il s'agit du projet de Combe Rougeux, sur les communes de Domremy-Landeville et Annonville, développé par Futures Energies Pays du Barrois, autorisé le 5 juillet 2018.

Il existe, à ce jour, un projet en instruction ayant reçu un avis de l'Autorité Environnementale. Il s'agit du projet de Moulinet, sur les communes de Noncourt-sur-le-Rongeant et Sailly, développé par Ventelys et ayant reçu un avis de la MRAe le 1 août 2024.

L'effet cumulé des impacts acoustiques de ces projets avec celui de Côte Moret est analysé dans ce rapport, dans la section 7.7.

D'autres parcs existent ou sont en instruction autour du projet de Côte Moret, mais ils sont tous suffisamment loin des zones à émergence réglementées concernées par notre projet pour ne pas présenter d'impact acoustique cumulé.

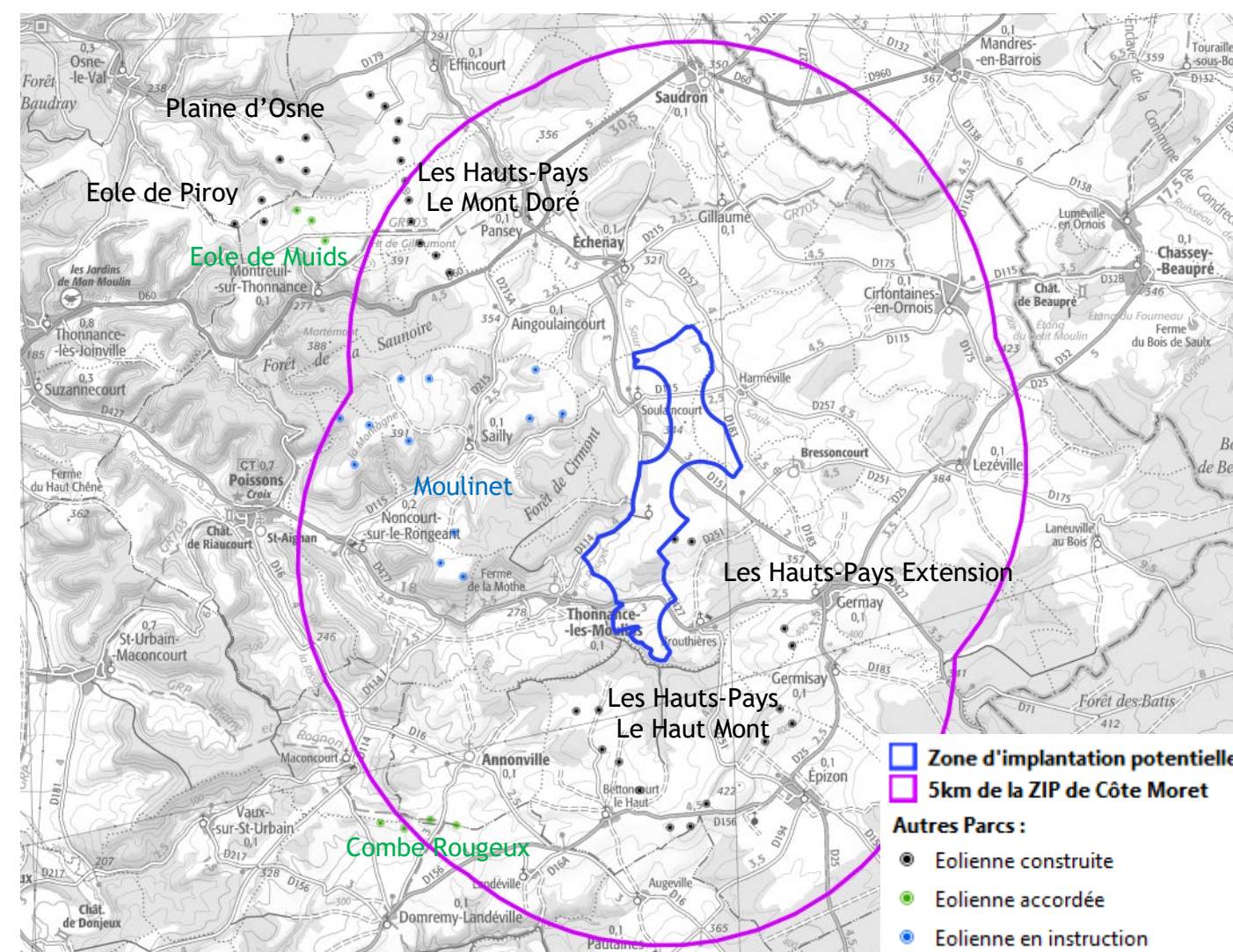


Figure 1 : Localisation Zone projet et les parcs voisins

2 ACOUSTIQUE ET EOLIENNES - GENERALITES

2.1 DEFINITIONS

Son : Un son est défini par :

- Sa force perçue, son volume ou son amplitude exprimée en décibel (dB) permettant de distinguer les sons faibles des sons forts ;
- Sa fréquence, exprimée en Hertz (Hz) c'est-à-dire en vibrations par seconde, permettant de distinguer les sons graves des sons aigus. Les sons graves correspondent à des fréquences de 20 à 200 Hz, les médiums à des fréquences de 200 à 2 000 Hz et les aigus de 2 000 à 20 000 Hz. En deçà, ce sont des infrasons inaudibles et au-delà, ce sont des ultrasons perçus par certains animaux.

Bruit : Mélange de sons, d'intensités et de fréquences différentes. Il est notamment défini par son spectre.

Bruit ambiant : Bruit total existant dans une situation donnée, dans un intervalle de temps donné prenant en compte l'ensemble des sources de bruit proches ou éloignées. Dans notre cas, c'est le bruit total incluant le fonctionnement du parc éolien.

Bruit particulier : C'est une composante du bruit ambiant que l'on désire distinguer car elle fait l'objet d'une requête. Dans notre cas, cette composante correspond au bruit généré par les éoliennes.

Bruit résiduel : Correspond au bruit ambiant en l'absence de bruit particulier. Dans notre cas, cela correspond au bruit mesuré dans les zones à émergence réglementée avant construction du projet éolien i.e. lors de l'étude de l'état initial du projet.

Émergence : Différence arithmétique entre bruit ambiant et bruit résiduel.

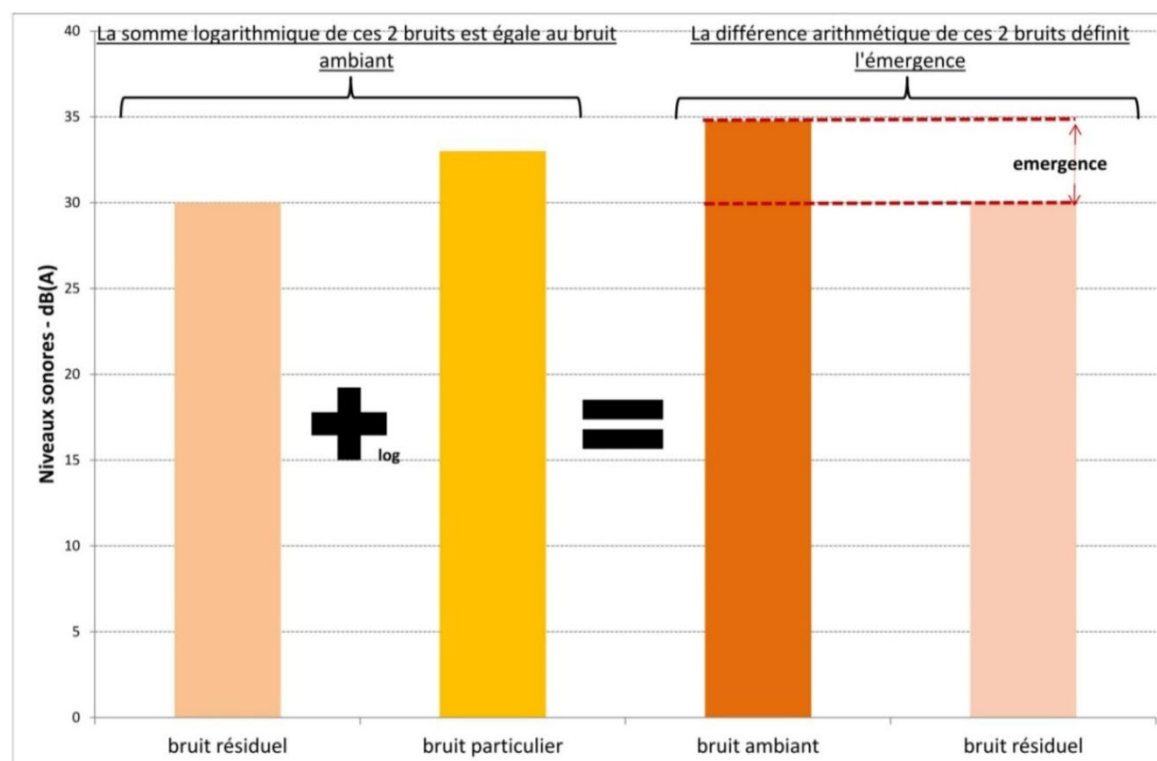


Figure 2 : Bruit résiduel, bruit ambiant et émergence

Intervalle de mesure / durée d'intégration : intervalle de temps où la pression acoustique pondérée est intégrée et moyennée par les sonomètres lors de la mesure du bruit résiduel. Dans le cadre de cette étude, il a été fixé à 1s, tel que recommandé par la NFS 31-114 [7].

Intervalle de base : Intervalle d'échantillonnage de la mesure brute lors du traitement des mesures de bruit. Dans le cadre de cette étude, il a été fixé à 10min, tel que recommandé par la NFS 31-114 [7].

Périmètre de mesure du bruit de l'installation [1] : c'est le périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit :

$$R = 1.2 \times \left(\text{Hauteur de moyeu} + \frac{\text{Diamètre}}{2} \right) \quad \text{Formule 1}$$

Niveau acoustique équivalent $L_{eq,T}$: en considérant un bruit variable perçu pendant une durée T, le niveau acoustique équivalent représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement perçu pendant cette durée. Le L_{eq} correspond donc à une « dose de bruit » reçue pendant une durée de temps déterminée. Il est exprimé en échelle logarithmique (décibels, dB) par rapport à un niveau de référence.

Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$L_{eq,T} = 10 \times \log \left[\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \text{Formule 2}$$

Avec :

- $p(t)$: niveau de pression acoustique instantané à l'instant t ;
- p_0 : pression de référence (20 μ Pa).

Niveau acoustique fractile $L_{AN,T}$: une analyse statistique des L_{Aeq} permet de déterminer le niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé N% du temps considéré. Son symbole est $L_{AN,T}$, par exemple $L_{A50,10min}$ correspond au niveau de pression acoustique continu équivalent dépassé 50% de l'intervalle de mesure de 10min.

Dans le cadre de cette présente étude, l'indice fractile $L_{50, 10min}$ sera utilisé, tel que recommandé par la NFS 31-114.

Pondération A du niveau de pression sonore : L'oreille humaine est moins sensible aux fréquences graves (entre 20Hz et 400Hz) qu'aux fréquences moyennes et aiguës qui correspondent aux fréquences de la parole humaine. C'est pourquoi une correction en fonction de la fréquence est appliquée aux spectres de bruit mesuré afin de mieux rendre compte de cette sensibilité de l'oreille : c'est la pondération A.

Zone à émergence réglementée (ZER) [1] : Ce sont les zones définies comme suit :

- Zone à l'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'autorisation pour les installations nouvelles, 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 ;
- 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.

Octave / Tiers d'octave : Intervalle de fréquence dont la plus haute fréquence (f_2) est le double de la plus basse (f_1) pour une octave et la racine cubique de 2 pour le tiers d'octave. L'analyse en fréquence par bande de tiers d'octave correspond à la résolution fréquentielle de l'oreille humaine.

1/1 octave	1/3 octave
$f_2 = 2 * f_1$	$f_2 = \sqrt[3]{2} * f_1$
$f_c = \sqrt{2} * f_1$	$f_c = \sqrt[3]{2} * f_1$
$\Delta f/f_c = 71\%$	$\Delta f/f_c = 23\%$

f_c : fréquence centrale

$$\Delta f = f_2 - f_1$$

Spectre d'une source sonore : C'est l'ensemble des fréquences constituant une source sonore. Dans notre cas, nous nous intéressons aux fréquences audibles par l'oreille humaine, en théorie comprises entre 16Hz et 20kHz. Ces bandes de fréquence sont elles-mêmes divisées en bandes de tiers d'octave (cf. Figure 3).

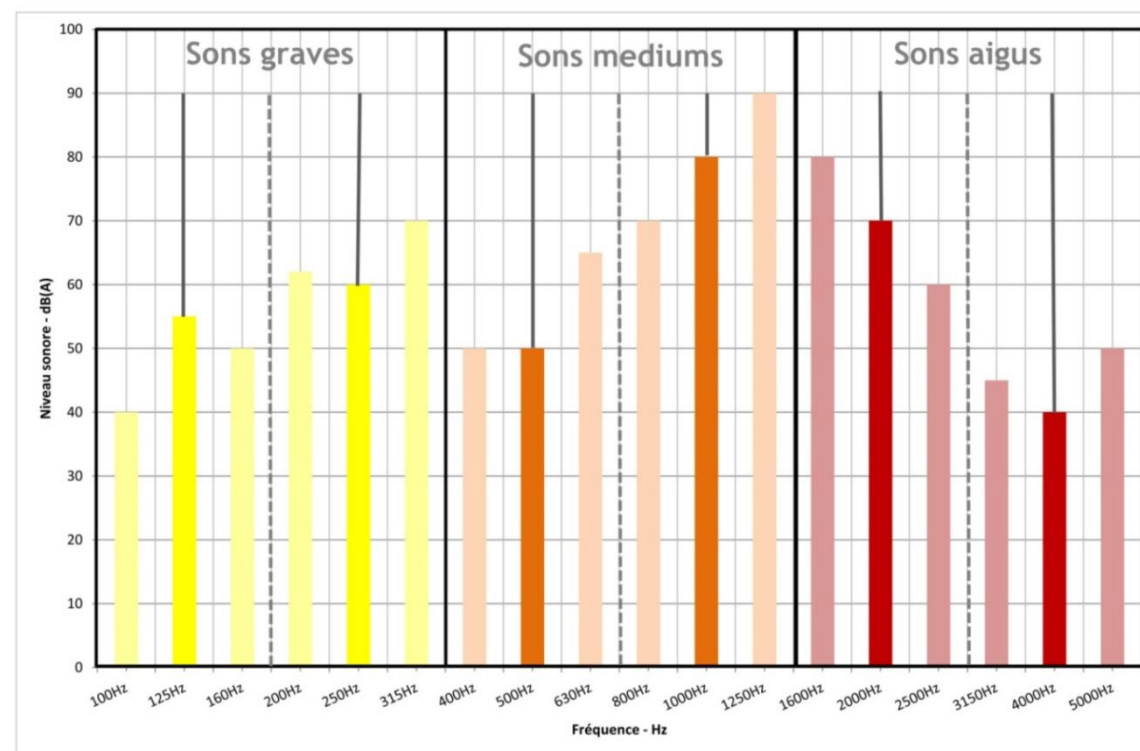


Figure 3 : Représentation des spectres par bandes de 1/3 d'octave

Vitesse de vent standardisée - Hauteur de référence Href = 10m :

La corrélation des niveaux de bruit avec la vitesse de vent s'effectue à la hauteur de référence fixée à 10m. Cette vitesse de vent correspond à la vitesse de vent dite « standardisée » qui est égale à la vitesse calculée à 10m de haut sur un sol présentant une longueur de rugosité de référence fixée à 0,05m.

Cette vitesse se calcule à partir de la vitesse « réelle » à hauteur de nacelle des éoliennes obtenue à partir soit :

- De la vitesse mesurée directement à hauteur de moyeu (anémomètre nacelle) ;
- De la vitesse mesurée à une hauteur différente de la hauteur de moyeu et du gradient de vent

$$V_H = V_h \left(\frac{H}{h} \right)^\alpha \quad \text{Formule 3}$$

qui est ensuite convertie à la hauteur de référence (10m) à l'aide d'une longueur de rugosité standardisée à 0,05m et selon un profil de variation en loi logarithmique.

$$V_{10,z=0.05} = V_H \frac{\ln\left(\frac{10}{0.05}\right)}{\ln\left(\frac{H}{0.05}\right)} \quad \text{Formule 4}$$

Ces vitesses de vent standardisées, considérées pour les études acoustiques, peuvent être assimilées à des vitesses « virtuelles », représentant les vitesses de vent reçues par l'éolienne, auxquelles est appliqué un facteur constant qui est fonction d'un type de sol standard.

Pour ces raisons, les vitesses standardisées (à hauteur de référence) sont différentes des vitesses mesurées à 10m.

Notons que c'est cette vitesse qui est considérée dans tous les calculs présentés dans ce rapport, lorsqu'ils font référence à une vitesse de vent sur le site étudié.

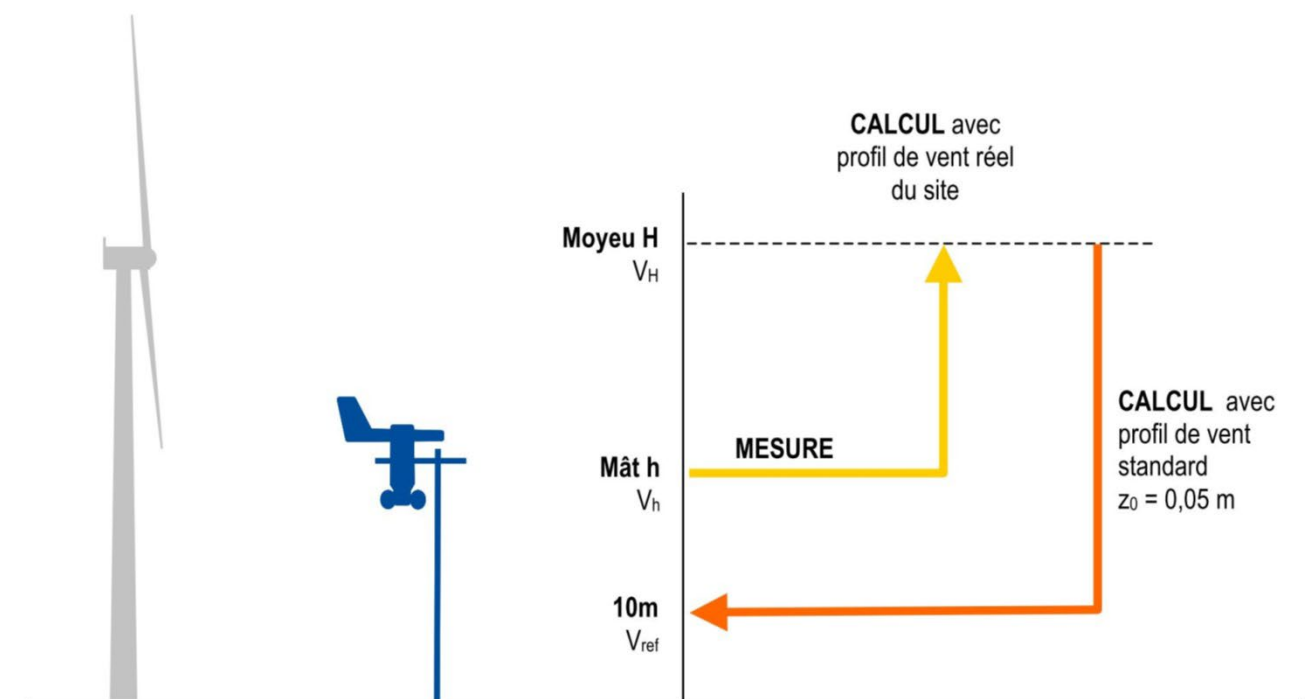


Figure 4 : Vitesse de vent standardisée - Hauteur de référence : Href = 10m

2.2 GENERALITES

2.2.1 Niveaux de bruit couramment rencontrés

Malgré des critères et des réglementations permettant d'estimer la conformité des installations industrielles, la perception acoustique reste un facteur subjectif. Afin de mieux appréhender les niveaux de bruit générés par diverses installations ainsi que leur impact, la Figure 5 ci-dessous donne les valeurs des niveaux sonores pour diverses sources rencontrées dans la vie quotidienne.

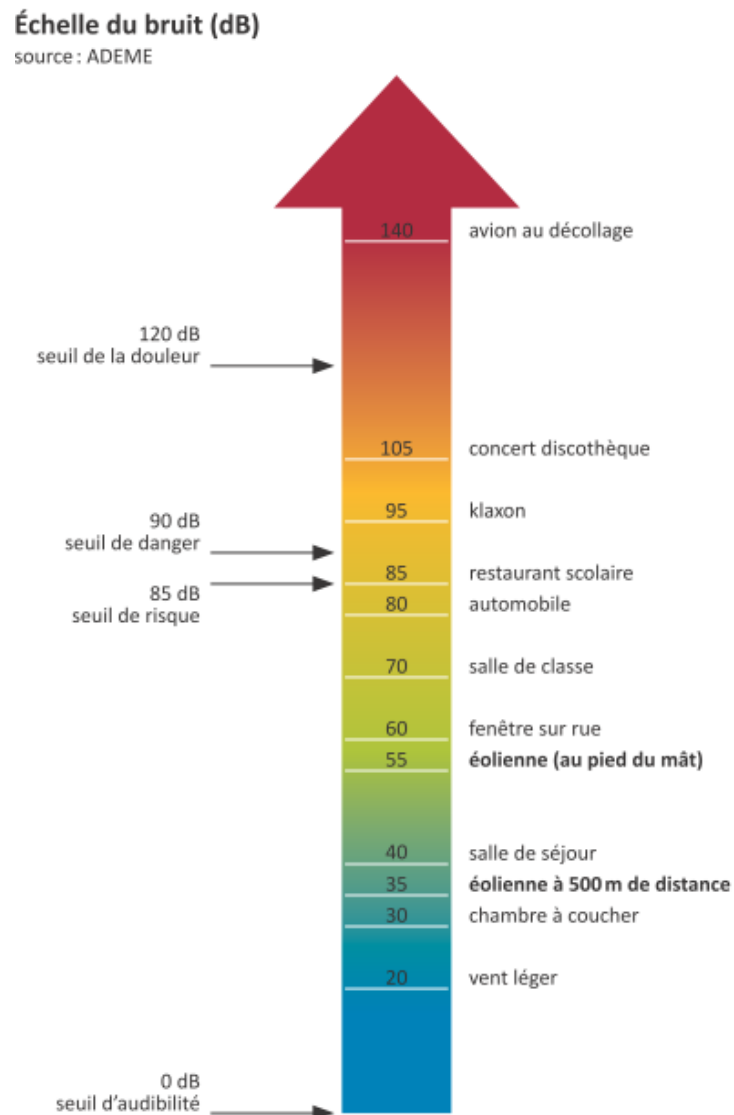


Figure 5 : Niveaux de bruit générés par diverses sources sonores

Cette échelle de valeurs de bruit montre qu'au pied du mât d'une éolienne, le bruit moyen est de 55dB(A), soit un peu moins que le bruit d'une pièce avec fenêtre sur rue. A 500m d'une zone à émergence réglementée (ZER), distance minimale réglementaire autorisant l'implantation d'une éolienne, le bruit moyen de cette éolienne n'est plus que de 35 à 40dB(A) – dépendant de la puissance sonore de l'éolienne, soit un peu moins que le bruit d'une salle de séjour. Notons que ces niveaux ne doivent pas être comparés aux puissances sonores mentionnées par les constructeurs, qui varient entre 99dB(A) et 108dB(A), car elles correspondent à la puissance sonore équivalente émise par un point situé à la hauteur du moyeu, soit à des hauteurs entre 80 et 125m au-dessus du sol. Il faudrait donc, pour les percevoir, se situer au niveau de l'éolienne à cette hauteur.

Il est important de noter que l'échelle des niveaux de bruit en décibel est une échelle logarithmique. Une règle simple pour appréhender cette échelle est la suivante :

Si on ajoute 2 bruits de même intensité sonore, alors l'intensité du bruit résultant sera l'intensité sonore initiale augmentée de 3 décibels. Par exemple, 30dB + 30dB = 33dB.

A titre indicatif, on précisera qu'une variation :

- de +3dB correspond à une variation de l'intensité sonore à peine perceptible ;
- de +5dB correspond à une variation de l'intensité sonore perceptible ;
- de +10dB correspond à un doublement de la sensation de bruit.

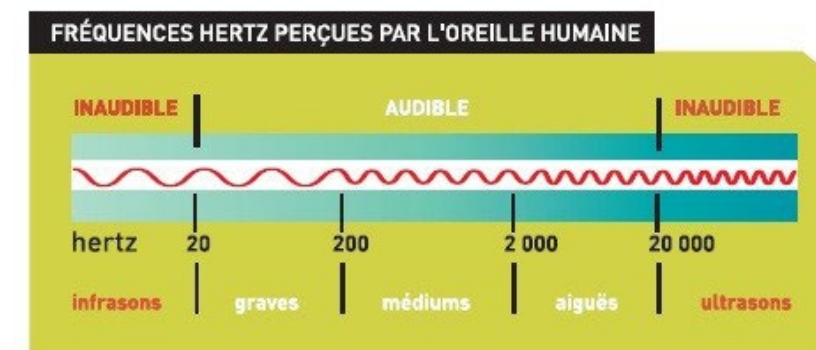
2.2.2 Recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé

Les experts de l'OMS, en mars 1999, ont publié une série de valeurs guides pour le bruit dans les collectivités en milieux spécifiques. Parmi ces valeurs, on retiendra que l'OMS recommande :

- un bruit au travail n'excédant pas 55dB, seuil acceptable sans danger pour l'oreille ;
- un bruit maximal dans une chambre à coucher de l'ordre de 30dB pour le respect du sommeil.

2.2.3 Infrasons

Un infrason est un son dont la fréquence est inférieure à 20Hz. De fait, les infrasons sont trop graves pour être audibles par l'oreille humaine. Cependant, le fait de ne pas les entendre ne veut pas dire qu'il n'y en a pas, et il est possible de les ressentir (par des mécanismes non auditifs, comme le système d'équilibre et/ou la résonance corporelle, i.e. par exemple au niveau de la cage thoracique).



Il existe de nombreuses sources qui émettent des infrasons dans notre environnement quotidien, comme le vent qui souffle dans les arbres ou le bruit de la circulation. Les éoliennes sont l'une de ces sources.

L'impact des infrasons sur la santé a été observé dans de très rares cas mais n'impliquant jamais de parcs éoliens.

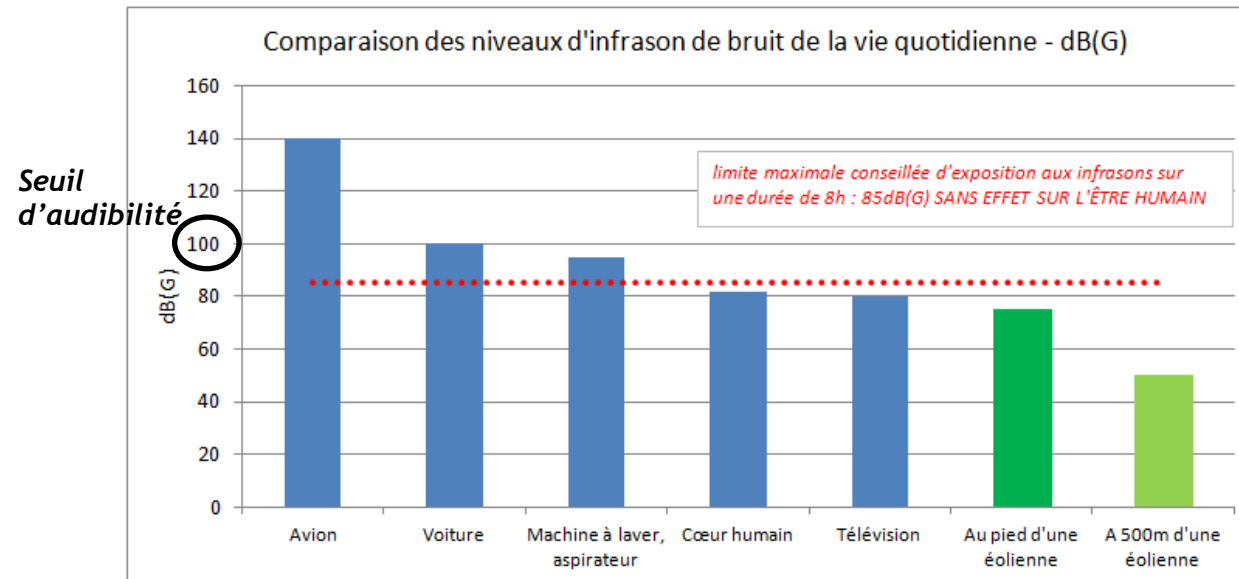
L'Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET) a conclu dans son rapport [11] de mars 2008 à propos des infrasons :

- Page 13 : « A l'heure actuelle, il n'a été montré aucun impact sanitaire des infrasons sur l'homme, même à des niveaux d'exposition élevés. Les critères de nuisance vis-à-vis des basses fréquences sont de façon usuelle tirés de courbes d'audibilité. Les niveaux acceptables (dans l'habitat) sont approximativement les limites d'audition ».
- Page 15 : « 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 ».

L'association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA) a diligenté une étude auprès de HGC engineering pour traiter la question des infrasons en relation avec les parcs éoliens et leurs effets potentiels sur les résidents. Le rapport [12] conclut :

« Les éoliennes peuvent générer de l'infrason, mais souvent les niveaux de l'infrason près des éoliennes sont semblables aux niveaux d'infrasons ambiants qui prévalent dans l'environnement naturel à cause du vent, des vagues, des sources industrielles et des transports. Des études réalisées près des parcs éoliens canadiens, ainsi que l'expérience internationale, suggèrent que les niveaux d'infrason près des éoliennes modernes, avec des puissances nominales communes dans les parcs éoliens à large échelle sont en général imperceptibles pour les humains, que ce soit par des mécanismes auditifs ou non. De plus, il n'y a aucune évidence d'effets indésirables pour la santé dus à l'infrason des éoliennes [...] Somme toute, bien que l'infrason puisse être généré par les éoliennes, la conclusion s'impose : l'infrason n'est pas une préoccupation pour la santé des résidents avoisinants ».

Dans la revue du 4^{ème} trimestre 2011 d'Acoustique&Techniques (N°67), l'INRS se penche sur la question des infrasons et de leur impact sur la santé. On y trouve de nombreuses références de recommandations étrangères sur des valeurs limites d'exposition, en absence de réglementations nationales ou européennes. Cette revue Spécial Infrasons rappelle que le seuil d'audibilité est d'environ 100dB(G) sur les fréquences concernées [1-20Hz]. La valeur minimale recommandée pour être sans effet sur la santé est 85dB(G), sur une période continue de 8h.



Deux études récentes ont conclu à l'absence de gêne sonore due aux infrasons générés par les parcs éoliens, que ce soit à l'emplacement du parc même ou chez les riverains :

- Une étude réalisée par un organisme australien en 2013 [13] qui conclut qu'il n'y a pas de différence notable entre les niveaux d'infrasons mesurés à proximité d'un parc éolien et ceux présents dans des zones éloignées de parc éolien. Cette étude conclut également que les niveaux d'infrasons mesurés à proximité de parc éolien ne présentent aucune différence significative, que le parc soit en opération ou à l'arrêt.

- La faculté de génie électrique de l'université d'Opole en Pologne a mesuré en 2012 le spectre infrasonique d'une éolienne de 2MW dans un parc de 15 éoliennes. Ces mesures en très basse fréquence montrent que le niveau maximum à 130m d'une éolienne est bien en dessous du niveau maximum conseillé par l'AFSSET : environ 75dB(G) maximum à 3Hz et environ 55dB(G) maximum à 20Hz.

En 2017, l'ANSES, dans son rapport sur l'évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens [14], conclut que les signaux infrasons et basses fréquences mesurés dans des conditions où les éoliennes fonctionnaient avec les vitesses de vent les plus élevées rencontrées au cours des mesures, sont inférieurs au seuil d'audibilité. De plus, à la distance minimale

d'éloignement des habitations par rapport aux sites d'implantations des parcs éoliens (500 m) prévue par la réglementation, les infrasons produits par les éoliennes ne dépassent pas les seuils d'audibilité.

On retiendra donc que toutes les études scientifiques menées ces 10 dernières années au sujet des émissions très basses fréquences et infrasons des parcs éoliens démontrent l'absence de nuisance et d'impact sanitaire néfaste dans le voisinage immédiat des parcs éoliens et chez les riverains.

2.3 GENERALITES SUR LE BRUIT D'UNE EOLIENNE

2.3.1 Origine du bruit d'une éolienne

Lorsque les éoliennes sont à des distances proches (jusqu'à environ 100 mètres), on distingue trois types de bruits issus de deux sources différentes, la nacelle et les pales :

- Un bruit d'origine mécanique provenant de la nacelle et des éventuels multiplicateurs, plus marqué sous le vent de l'éolienne (et quasi inaudible au vent pour des distances supérieures à 200 mètres) ;
- Un bruit continu d'origine aérodynamique localisé principalement en bout de pale et qui correspond au mouvement de chaque pale dans l'air ;
- Un bruit périodique également d'origine aérodynamique, provenant du passage de chaque pale devant le mât de l'éolienne.

Ces différents bruits tendent à se confondre au fur et à mesure que l'on s'éloigne des éoliennes. Le bruit dit mécanique disparaît rapidement, et demeure alors un bruit d'origine aérodynamique avec un bruit périodique correspondant à la vitesse de rotation des pales.

2.3.2 Variation du bruit d'une éolienne avec la vitesse du vent

Le niveau sonore émis par une éolienne, tout comme la puissance électrique délivrée, dépend notamment de la vitesse du vent (cf. Figure 6).

Pour des raisons de normalisation, la vitesse de vent utilisée associée à la puissance sonore d'une éolienne est une vitesse standardisée à 10m au-dessus du sol (cf. § 2.1).

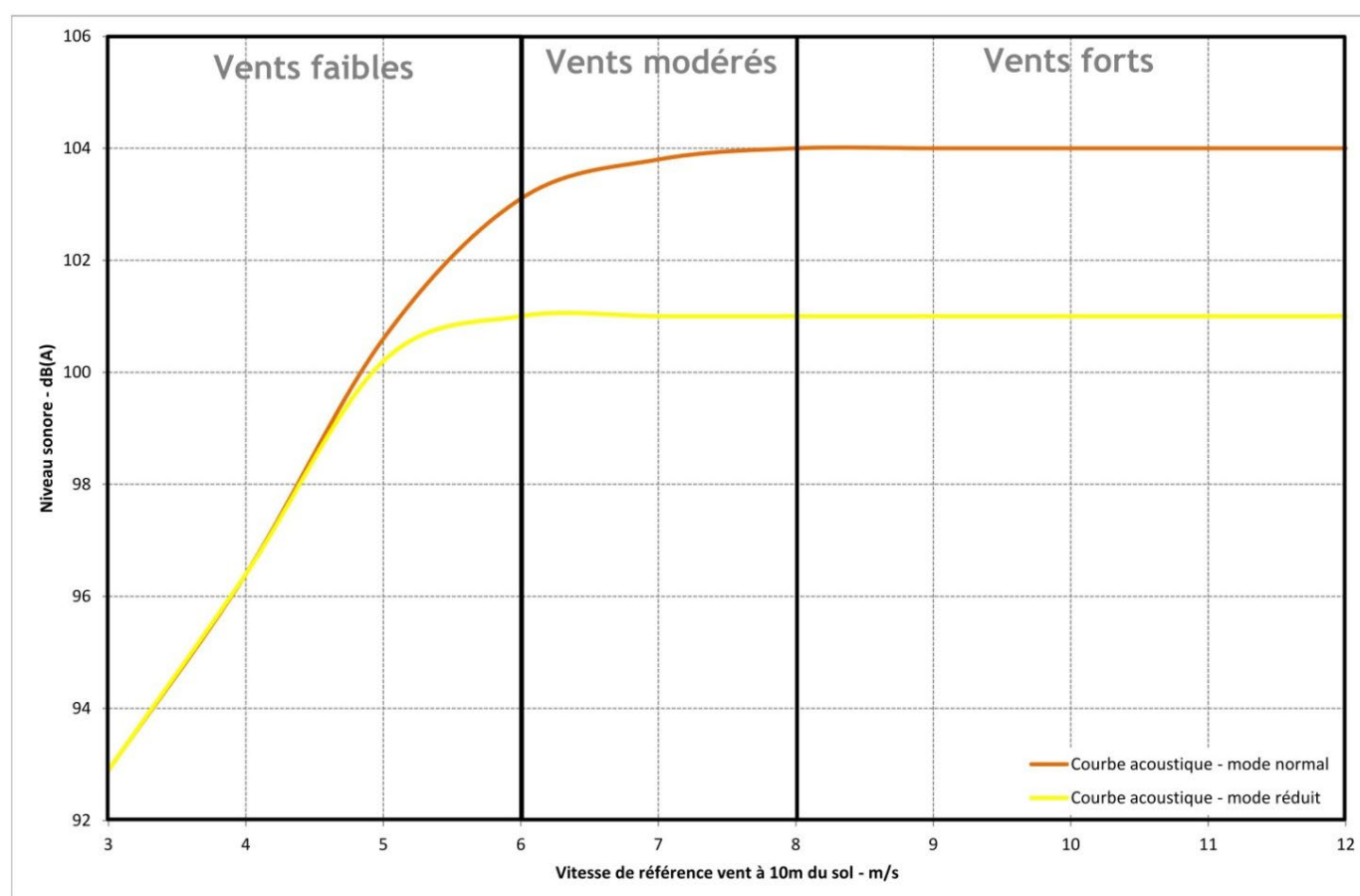


Figure 6 : Evolution de la puissance sonore d'une éolienne au niveau de la nacelle pour 2 modes de fonctionnement

La puissance acoustique de l'éolienne (valeur intrinsèque qui caractérise l'énergie acoustique émise par l'éolienne au niveau de la nacelle) suit assez étroitement la puissance électrique délivrée par cette même éolienne.

A des vitesses de vent inférieures à 3 m/s à hauteur du moyeu (environ 10 km/h), l'éolienne ne tourne pas et ne produit donc pas de bruit. Vers 4 ou 5 m/s (15-20 km/h), elle entre très progressivement en production. Elle délivre sa puissance électrique maximale vers 12 ou 15 m/s (environ 50 km/h), selon les modèles. Entre 15 et 20 ou 25 m/s (soit entre environ 50 et 70 ou 90 km/h), la puissance électrique reste globalement constante. Au-delà de 20 ou 25m/s (selon les modèles), pour des raisons de sécurité, l'éolienne est arrêtée.

Le bruit des éoliennes évolue donc en fonction de la vitesse du vent, tout comme les niveaux de bruit résiduel (par exemple bruit du vent dans la végétation et/ou sur des obstacles), mais pas dans les mêmes proportions.

3 REGLEMENTATION

Le parc éolien à l'étude est soumis à la réglementation relative 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 (ICPE) (cf. [1] et [2]).

Cette réglementation repose sur trois critères :

- **Un critère d'émergence**, correspondant à la différence entre le niveau de bruit avec les éoliennes en fonctionnement (bruit ambiant) et le niveau de bruit sans les éoliennes (bruit résiduel) pour chaque vitesse de vent,
- **Un critère de tonalité marquée**, correspondant à l'analyse du spectre de l'éolienne afin de détecter les fréquences qui auraient un niveau sonore plus distinctif.
- **Un critère de limite de bruit ambiant**, correspondant à une limite maximale du bruit ambiant (donc installation comprise) en limite de périmètre de mesure du bruit de l'installation.

3.1 CRITERE D'EMERGENCE

Ce critère repose sur la différence entre le bruit ambiant et le bruit résiduel.
Ce critère est vérifié à l'extérieur des zones à émergence réglementée (habitations principalement).
Ce critère n'est applicable que si le niveau de bruit ambiant est supérieur à 35dB(A).
La législation en vigueur impose que cette différence soit :

- Inférieure ou égale à 5dB(A) pour les périodes diurnes (jour), c'est-à-dire de 7h à 22h,
- Inférieure ou égale à 3dB(A) pour les périodes nocturnes (nuit), c'est-à-dire de 22h à 7h.

3.2 CRITERE DE TONALITE MARQUEE

Ce critère fait référence à l'article 1.9 de l'arrêté du 23 janvier 1997 [3]. La tonalité marquée d'une installation est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveau entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le Tableau 1.

Fréquence	50Hz à 315Hz	400Hz à 8000Hz
Différence à respecter	10dB	5dB

Tableau 1 : Critère de tonalité marquée à respecter en fonction de la gamme de fréquence

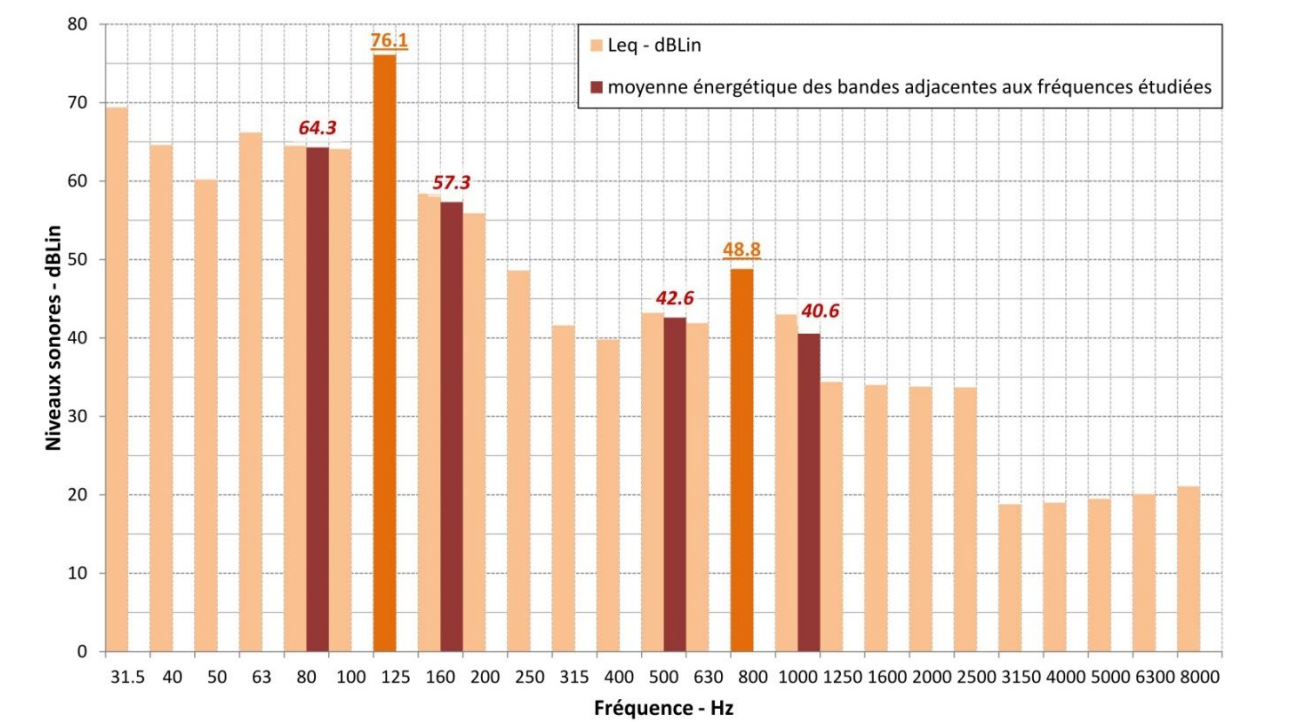
Pour vérifier ce critère, il faut évaluer les deux différences séparément : la différence de niveau sonore de la bande centrale avec la moyenne énergétique des deux bandes inférieures et la différence de ce même niveau avec la moyenne énergétique des deux bandes supérieures (ceci est explicité dans la norme NFS 31-010).

Il y a tonalité marquée si les 2 conditions ci-dessous sont vérifiées :

- Les deux différences sont positives ;
- Les deux différences égalent ou dépassent les valeurs indiquées dans le tableau, soit 10dB pour les fréquences basses à moyennes (50-315Hz), 5dB pour les fréquences moyennes à aigües (400Hz-8kHz).

La Figure 7 ci-dessous est un exemple de spectre sonore par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées pour les bandes 125Hz et 800Hz. En effet :

- Pour la bande 125Hz de niveau sonore 76.1dB, la différence avec la moyenne énergétique des deux bandes adjacentes supérieures (égale à 57.3dB) et la différence avec la moyenne énergétique des deux bandes inférieures (égale à 64.3dB) sont toutes deux supérieures à 10dB ;
- Pour la bande 800Hz de niveau sonore 48.8dB, les différences avec la moyenne énergétique des bandes adjacentes supérieures (égale à 40.6dB) et inférieures (égale à 42.6dB) sont supérieures à 5dB ;



*nota : le dB non pondéré peut aussi s'écrire dBLin pour « linéaire »

Figure 7: Exemple de spectre par bande de 1/3 d'octave présentant des tonalités marquées

Dans le cas où l'installation présente une tonalité marquée au sens de l'article 1.9 de l'arrêté du 23 janvier 1997, de manière cyclique ou établie [3], sa durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'installation dans chacune des périodes diurnes ou nocturnes. Dans le cadre de cette étude notre choix se portera sur un modèle d'éolienne permettant de respecter ce critère 100% du temps. De façon générale, le fonctionnement normal d'une éolienne ne doit pas faire apparaître de tonalité marquée car les spectres des éoliennes n'en présentent pas.

3.3 LIMITE DE BRUIT AMBIANT EN LIMITE DU PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT DE L'INSTALLATION

Le niveau de bruit ambiant maximal autorisé en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation, ici le parc éolien, est fixé à :

- 70dB(A) le jour ;
- 60dB(A) la nuit.

Ce niveau de bruit pourra être mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit de l'installation.

Cette disposition n'est pas applicable si le bruit résiduel mesuré pour la période dépasse le niveau imposé pour la période.

4 METHODOLOGIE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE ET IDENTIFICATION DES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE

4.1 PROCESSUS D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE

L'étude d'impact acoustique d'un projet éolien se déroule selon 4 étapes principales :

- Caractérisation de l'état initial du site, en mesurant à différents points autour du projet les niveaux de bruit résiduel en fonction du vent et des périodes réglementaires jour/nuit ;
- Modélisation numérique du parc éolien pour le calcul de la contribution sonore des éoliennes au niveau des Zones à Émergence Réglementée (ZER) ;
- Calcul des émergences et comparaison avec les limites réglementaires diurnes et nocturnes. Si nécessaire, adaptation du mode de fonctionnement des éoliennes pour respecter les limites réglementaires jour/nuit ;
- Evaluation et vérification de la conformité aux critères de tonalité marquée des éoliennes et du bruit ambiant sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation.

Les trois premières étapes (dont l'objectif final est la vérification de la conformité du parc au critère d'émergence) sont illustrées par la Figure 8 suivante.

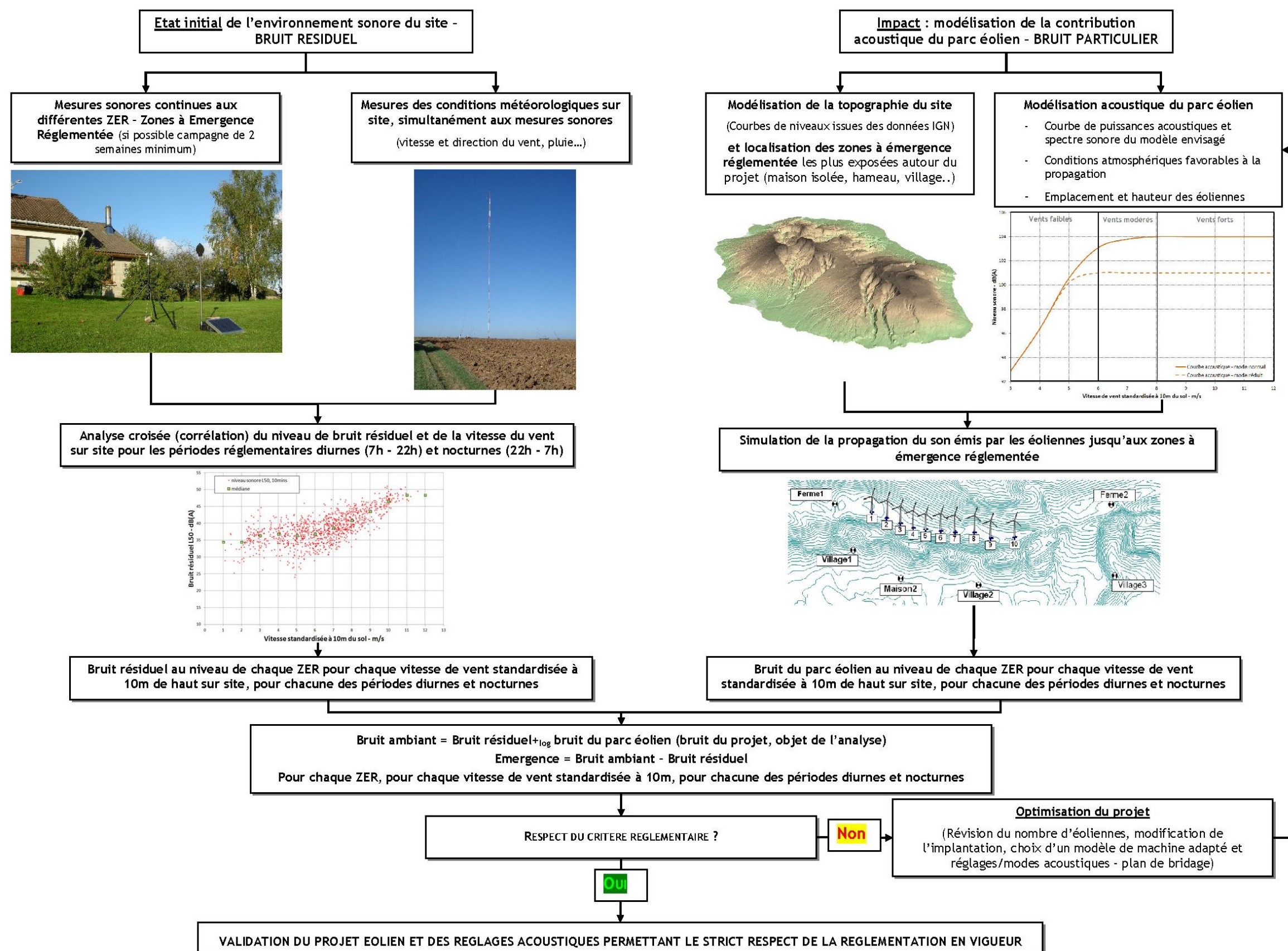


Figure 8 : Schéma de principe d'une étude d'impact acoustique d'un projet éolien (évaluation des émergences)

5 ETAT INITIAL DE L'ENVIRONNEMENT SONORE DU SITE

5.1 CAMPAGNE DE MESURES DU BRUIT RESIDUEL

L'état initial acoustique du site permet de caractériser l'ambiance sonore des ZER étudiées sur chaque période réglementaire (jour-nuit) et selon différentes conditions de vent (direction-vitesse). Cet état initial repose essentiellement sur les résultats de la campagne de mesures du bruit résiduel réalisée au niveau de plusieurs points de mesure au sein des ZER.

5.1.1 Sélection des points de mesure du bruit résiduel

La démarche d'une étude acoustique prévoit de faire dans un premier temps un relevé du bruit existant au niveau des ZER, le bruit résiduel, afin de caractériser l'ambiance sonore correspondant à l'état initial du site. Pour des raisons de bon sens, il n'est pas nécessaire de réaliser des mesures chez tous les riverains. Pour chaque ZER étudiée, l'état initial est caractérisé à partir d'un ou plusieurs points de mesure de bruit résiduel.

Dans certains cas et pour des raisons pratiques, l'état initial d'une ZER peut être caractérisé à partir d'un point de mesure situé dans une ZER voisine si les environnements sonores sont suffisamment semblables. En revanche, certaines ZER telles que des villages peuvent nécessiter plus d'un point de mesure de bruit résiduel si des ambiances sonores distinctes sont pressenties dans différents secteurs en fonction des activités (exploitations agricoles, carrières) ou de la proximité à des sources de bruit particulières (routes, voie ferrée, cours d'eau).

L'emplacement du point de mesure au sein de la ZER est donc choisi de façon à être représentatif de l'ambiance sonore des alentours, tout en évitant les sources de bruit particulières, mais aussi, bien évidemment, en fonction de la disponibilité et de l'accord des riverains occupant les lieux.

Pour le projet éolien de Côte Moret, 8 points de mesure ont été jugés nécessaires et pertinents pour caractériser au mieux les différentes ambiances sonores au sein des 10 ZER retenues. Le Tableau 2 indique le choix de localisation des points de mesure et leur association à chacune des ZER étudiées.

ZER étudiées	Point de mesure associé	Justification du choix de localisation des points de mesure et de l'association à chacune des ZER étudiées
ZER Garde Barrière	A – La Saur	Habitation isolée la plus proche du projet au centre-ouest de la zone d'implantation potentiel.
ZER Gare	A – La Saur	Habitation isolée la plus proche du projet au centre-ouest de la zone d'implantation potentiel. L'environnement sonore est similaire au sonomètre A, de par sa proximité géographique et car proche d'une départementale peu fréquentée et à proximité de végétation importante.
ZER Soulaincourt	B – Soulaincourt	Habitation du bourg la plus proche du projet au nord.
ZER Echenay	C – Echenay	Habitation au sud du village parmi les plus proches du projet, représentative de l'ambiance sonore du village
ZER Harméville	D – Harméville	Habitation proche de la zone potentielle d'implantation avec un jardin à une distance raisonnable du cours d'eau.
ZER Courberoies Nord	E - Courberoies	Habitation nord du hameau à l'est de la zone potentiel d'implantation direction E3 et E4.
ZER Courberoies Sud	E - Courberoies	Habitation sud du hameau à l'est de la zone potentiel d'implantation direction E5 et E6. Maison voisine à la ZER Courberoies Nord dans le même environnement sonore.
ZER Brouthières	F – Brouthières	Habitation du hameau la plus proche du projet au sud-est.
ZER Thonnance-les-Moulins	G – Thonnance-les-Moulins	Habitation la plus proche de la zone potentielle d'implantation avec un jardin sans végétation.
ZER Bressoncourt	H – Bressoncourt	Habitation représentative du bourg.

Tableau 2 : ZER étudiées et points de mesures du bruit résiduel associés

Les informations relatives à ces mesures sont détaillées ci-dessous. La localisation des sonomètres est présentée en Figure 10.

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
A – La Saur	4 Route de Germai, Soulaincourt 52230 Thonnance-les- Moulins	20/04/2023-30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Point isolé, environnement sonore calme		
			
Emplacement du sonomètre pour le point de mesure A – La Saur			
			
Photo du sonomètre			

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
B – Soulaincourt	13 rue Principale à Soulaincourt 52230 Thonnance-les- Moulins	19/04/2023-30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Dernière maison du bourg à côté de l'église		
			
Emplacement du sonomètre pour le point de mesure B - Soulaincourt			
			
Photo du sonomètre			

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
C - Echenay	3 Rue des Ponts 52230 Echenay	19/04 - 31/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Zone d'habitation avec un peu de végétation		



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure C - Echenay



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
D - Harméville	8 rue de l'Etang 52288 LEZEVILLE	20/04 – 31/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Maison en limite de village avec de la végétation et un ruisseau 95 mètres		



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure D - Harméville



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
E - Courberoies	Ferme de Courberoie 52230 Thonnance-les-Moulins	19/04 – 30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Habitation isolée, à proximité de ferme et hangar agricole		



Sonomètre

Emplacement du sonomètre pour le point de mesure E - Courberoies



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
F – Brouthières	1 route de Germai à Brouthières 52 230 Thonnance-les-Moulins	19/04 – 30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Habitation en fin de hameau, ruisseau à 60m		
 Emplacement du sonomètre pour le point de mesure F - Brouthières			
 Photo du sonomètre			

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
G - Thonnance	7 Rue de Soulaincourt 52230 Thonnance-les-Moulins	20/04 – 30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Dernière habitation du village, à proximité de plusieurs fermes.		



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure G – Thonnance-les-Moulins



Photo du sonomètre

Point de mesure	Adresse exacte	Période de mesure	Type de sonomètre
H - Bressoncourt	1 Rue Principale à Bressoncourt 52230 Thonnance-les-Moulins	19/04 – 30/05/2023	RION NL-52
Commentaires	Jardin à proximité d'une route peu fréquentée, ferme à proximité		



Emplacement du sonomètre pour le point de mesure H - Bressoncourt



Photo du sonomètre

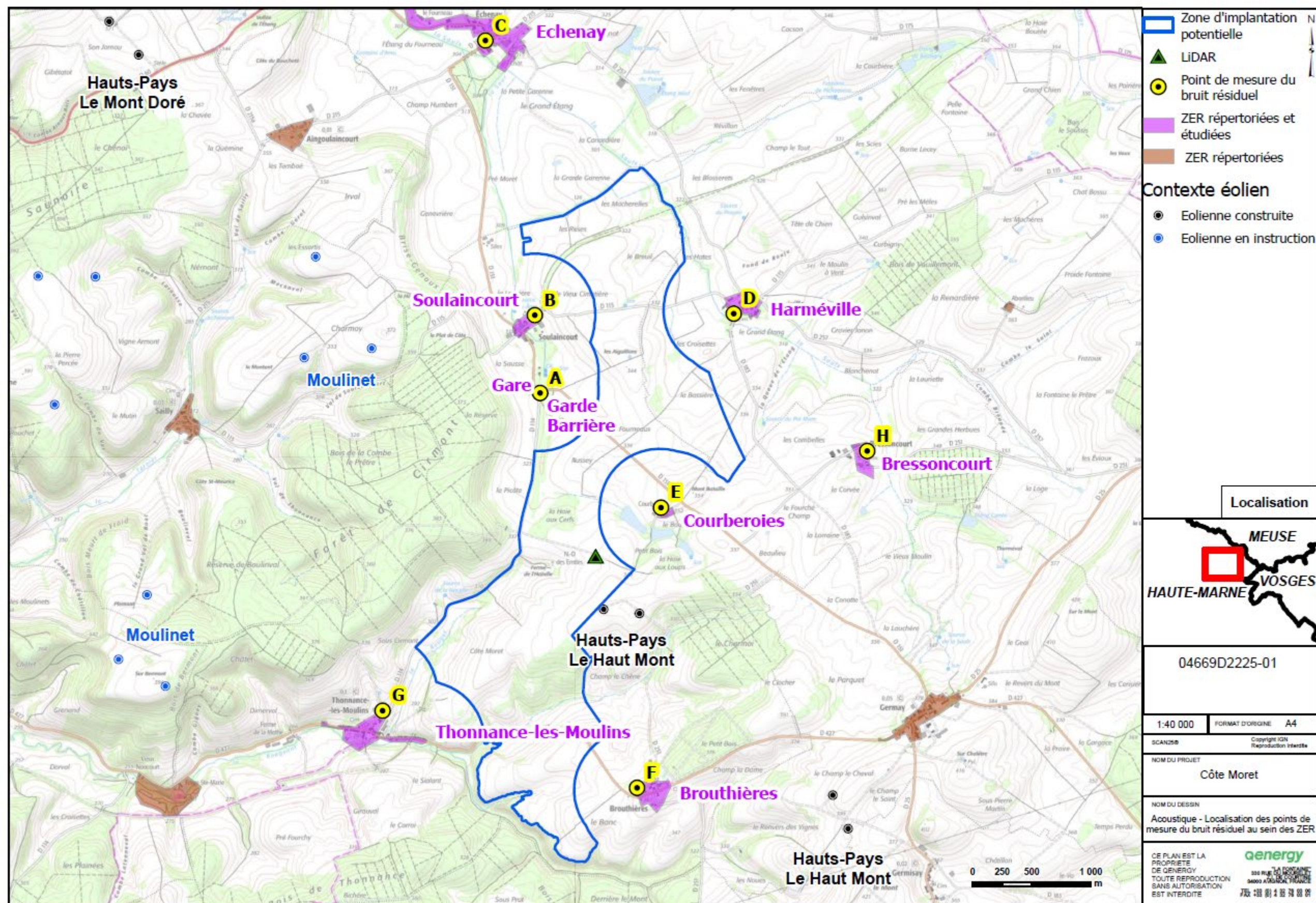


Figure 10 : Localisation des points de mesure au sein des ZER

5.1.2 Instrument de mesure du bruit

Le bruit résiduel est mesuré à l'aide d'un sonomètre.

Un sonomètre est un instrument constitué d'un microphone, d'une valise de protection, d'un système d'acquisition, de traitement et d'enregistrement de la mesure, et d'un câble de rallonge reliant le microphone au système d'acquisition. Un exemple est présenté Figure 11 ci-dessous.



Figure 11 : Photographie d'un sonomètre en cours d'utilisation

Pour assurer l'alimentation électrique du sonomètre, ce dernier peut être directement branché sur le réseau électrique de l'habitation ou bien connecté à des batteries reliées à des panneaux solaires.

Différentes classes (I, II ou III) de sonomètres existent, selon la précision et la qualité de leurs mesures. Pour une méthode dite d'expertise telle que définie dans le projet de norme NFS 31-114 [7], les sonomètres doivent être de la meilleure précision possible, soit classe I. Toutes les mesures réalisées dans le cadre de cette étude ont été réalisées avec des sonomètres de classe I.

Conformément à la réglementation du bruit ICPE (référence [1] et définition des ZER), les mesures du bruit résiduel sont réalisées à l'extérieur des habitations (ou bureaux) des riverains concernés. Les sonomètres sont positionnés en champ libre ou à une distance minimum de 2 mètres de la façade, pour répondre aux exigences du projet de norme NFS 31-114 [7].

Les sonomètres sont réglés pour enregistrer tous les indices statistiques qui peuvent servir à décrire l'environnement sonore d'un lieu. Comme préconisé dans le projet de norme NFS 31-114, la statistique sonore $L_{A50, 10min}$ a été retenue avec un intervalle de mesurage de 1s. L'indice $L_{A50, 10min}$, qui représente la médiane des mesures 1s sur l'intervalle de 10min, représente bien l'ambiance sonore d'un lieu, car il permet de filtrer les émissions sonores de sources de bruit très ponctuelles et élevées, telles que les aboiements d'un chien ou le passage d'un avion par exemple.

Il faut noter que les sonomètres sont munis de boules « anti-vent » et « anti-pluie » qui permettent de les protéger des conditions météorologiques qui perturberaient la mesure sonore : cependant, rappelons qu'un filtre des niveaux sonores est appliqué pour s'affranchir de la mesure par vent trop fort ($>5m/s$ à hauteur du microphone) et que les périodes de pluie sont filtrées, conformément à la norme NFS 31-010. Les boules de protection sont conformes à la norme de la Commission Electrotechnique Internationale CEI 60651 [16].

Les sonomètres sont calibrés au début de la campagne de mesure et vérifiés à la fin : les valeurs lues lors des calibrages ne doivent pas s'écarter de plus de 0.5dB selon la NFS 31-010. Les calibrages des sonomètres sont conformes aux exigences de la norme : aucune dérive n'a été détectée pour toutes les mesures présentées dans ce rapport. Les appareils sont paramétrés conformément aux normes françaises en vigueur [7].

5.1.3 Instrument de mesure du vent

Dans le cadre d'un projet éolien, le bruit résiduel de chaque ZER doit être caractérisé en fonction d'une vitesse de vent représentatif de l'emplacement des éoliennes.

Les données climatologiques ont donc été mesurées sur le site éolien à l'aide d'un Lidar installé pendant la campagne acoustique.

Le LiDAR (Light Detection And Ranging) est un système de télédétection qui émet des faisceaux laser invisibles et déduit des faisceaux réfléchis les caractéristiques du vent (vitesse, direction) sur différentes hauteurs comprises entre 40m et 200m au-dessus du sol avec une précision comparable à celle d'un anémomètre à coupelles.

5.1.4 Durée des mesures

Il n'existe pas de durée de mesure idéale pour caractériser l'environnement sonore d'un site.

Le but est de réaliser des mesures de bruit résiduel sur une période suffisamment longue pour correspondre à un panel de directions et de vitesses de vent caractéristique du régime de vent du projet éolien étudié. Le projet de norme NFS 31 114 [7] conseille un nombre de couples de mesures (niveau sonore, vitesse du vent) pour chaque gamme de vitesse de vent (classe de 1m/s) pour assurer la représentativité de l'ambiance sonore du lieu étudié. Il est recommandé d'avoir au moins 10 valeurs de 10mins dans chaque classe de vent.

En fonction des caractéristiques du site étudié et de la période de l'année, la durée requise pour collecter les données nécessaires peut varier de quelques jours à 3 ou 6 semaines, voire plus dans des cas particuliers.

Dans le cas présent, le Tableau 3 résume la campagne de mesure :

Période de mesure	Du 19 Avril au 31 Mai 2023
Durée de mesure	42 jours pour les 8 points de mesure

Tableau 3 : Détails des périodes de mesure

5.1.5 Conditions climatiques durant la campagne de mesure du bruit résiduel

Les sections suivantes présentent les conditions météorologiques qui ont caractérisé la campagne de mesure du bruit résiduel. Pour réaliser l'analyse acoustique, il est nécessaire de :

- S'assurer de la représentativité de la mesure sonore en direction et en vitesse du vent, vis-à-vis des régimes de vent dominants sur le site dans l'année (rose des vents, distribution des vitesses de vent – cf. projet de norme NFS 31-114) ;
- Vérifier les périodes éventuelles de pluie pendant les mesures pour s'en affranchir (cf. NFS 31-010) ;
- Vérifier les conditions de vent au niveau du sonomètre pour filtrer les mesures de bruit correspondantes à des vitesses de vent trop élevées (>5m/s à hauteur du microphone, soit environ 1.5m du sol – cf. NFS 31-010).

Les données présentées ci-dessous sont issues des mesures réalisées par Q ENERGY FRANCE à l'emplacement du Lidar.

❖ Distribution des vitesses de vent sur site

Parallèlement aux mesures sonores, la vitesse et la direction du vent sont enregistrées sur le site grâce au système de mesures géré par Q ENERGY FRANCE et installé sur la zone d'implantation potentielle du projet. Ces mesures sont disponibles à différentes hauteurs : 140, 130, 120, 115, 110, 105, 100, 90, 80, 60 et 40 m.

La Figure 12 ci-dessous permet de comparer la distribution (en fréquence) des vitesses enregistrées durant la campagne de mesure du bruit résiduel avec la distribution long-terme des vitesses de vent du site.

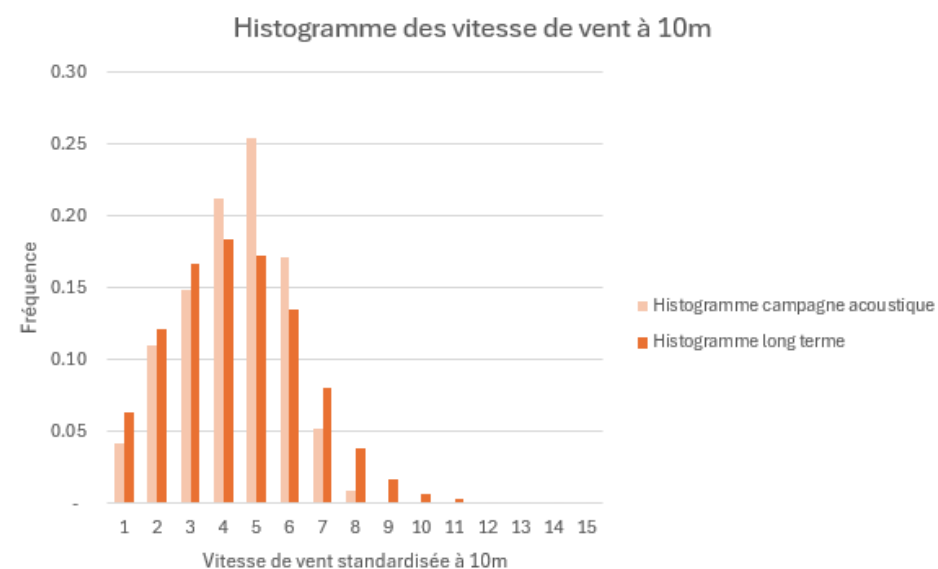


Figure 12 : Distributions des vitesses de vent mesurée durant la campagne acoustique du 19/04 au 31/05/2023 et estimée sur le long-terme

Cette comparaison permet d'illustrer la bonne représentativité des vitesses de vent rencontrées au cours de la campagne acoustique vis-à-vis des vitesses de vent les plus fréquentes à l'année sur le site éolien étudié.

La distribution des vitesses de vent mesurée pendant la campagne couvre les classes de vitesses de vent de 1 m/s à 8 m/s à 10m sur site qui représentent plus de 96% du temps. Les vitesses de vent faibles et modérées, les plus fréquentes à l'année sur ce site, sont bien représentées.

On note que les classes de vitesse de vent élevées (plus de 9 m/s à 10m) ont une faible fréquence d'apparition à l'année (moins de 4% du temps). L'analyse est aussi valable pour ces fortes vitesses. En effet, le modèle d'éolienne utilisé ici plafonne ses émissions sonores à partir de 7m/s à hauteur de moyeu (voir Annexe 2). Autrement dit, le bruit du parc éolien n'augmentera plus dès que la vitesse du vent à 10m du sol dépasse la valeur de 4.8m/s, tandis que le bruit résiduel, lui, continuera d'augmenter avec la vitesse du vent, pour les lieux exposés aux vents ou se stabilisera à partir de cette vitesse de vent, pour les lieux protégés du vent. Dans tous les cas, la valeur de l'émergence résultante à partir de cette classe de vitesse de vent sera au maximum égale à la dernière classe de vent disponible.

Dans le cas où certaines classes de vent ne sont pas présentes pendant la campagne acoustique, il est possible d'extrapoler les valeurs du bruit résiduel à partir des mesures disponibles. Les mesures du bruit résiduel peuvent donc être évaluées pour la classe de vitesse de vent de 10m/s standardisées à 10m de haut.

❖ Rose des vents mesurés à l'emplacement du Lidar

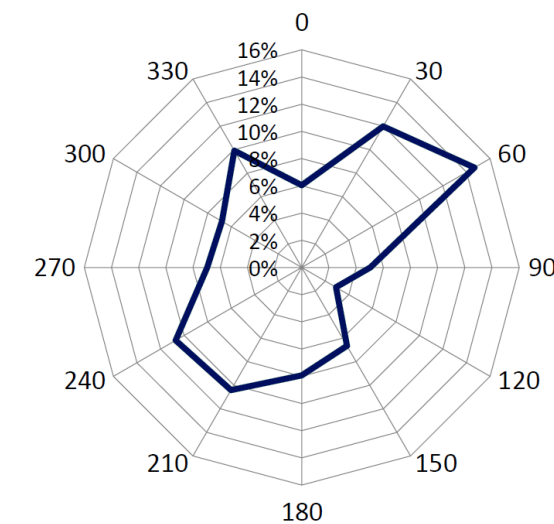


Figure 13 : Rose des vents mesurée pendant la campagne acoustique

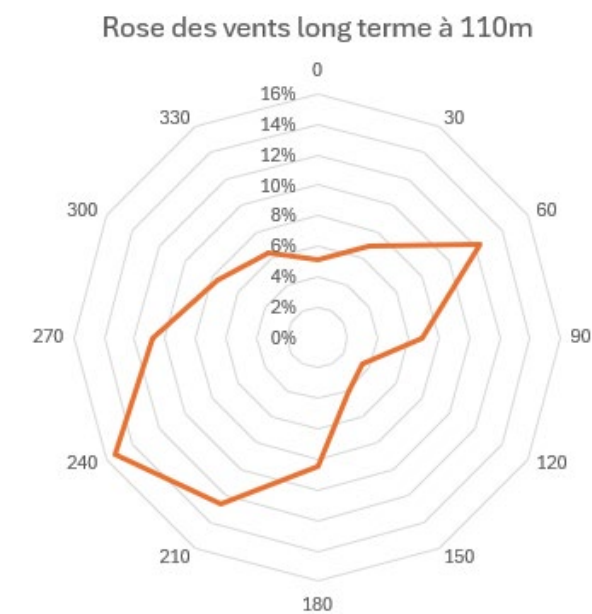


Figure 14 : Rose des vents long terme

La rose des vents long-terme estimée sur site présente une direction dominante Sud-Ouest et une direction secondaire Nord-Est.

On retrouve ces composantes dominantes sur la rose des vents mesurée pendant la campagne de mesure du bruit résiduel.

On peut donc conclure que les conditions climatiques de la campagne de mesure du bruit résiduel ont permis de mesurer un bruit résiduel représentatif de l'environnement sonore usuel des alentours du site.

❖ Pluie

Des épisodes pluvieux ont été observés pendant la campagne de mesure du bruit résiduel. Au total, c'est environ 3% des données le jour et 1.2% la nuit qui ont été mesurées en période de pluie au niveau des sonomètres. Ces données pluviométriques sont mesurées sur le site. Les données de bruit résiduel correspondantes ont été exclues de l'analyse, conformément aux exigences de la norme NFS 31-010.

❖ Mesure du vent au niveau des sonomètres

Un système anémométrique de même hauteur que le microphone (environ 1.5m) a été placé à 1m environ de chaque sonomètre. Ce capteur anémométrique permet de vérifier la vitesse du vent enregistrée simultanément à la mesure sonore. La norme NFS 31-010 indique notamment que la mesure n'est plus très fiable (et non garantie par les constructeurs) pour des vitesses de vent supérieure à 5m/s à hauteur de microphone.

Conformément à la norme NFS 31-110, pour chaque point de mesures, les périodes de 10 minutes pour lesquelles les vitesses moyennes mesurées au niveau du sonomètre sont supérieures à 5m/s sont filtrées.

Au cours de la campagne de mesure du bruit résiduel, aucune vitesse de vent supérieure à 5m/s n'a été enregistrée au niveau des sonomètres.

5.2 ANALYSE DU BRUIT RESIDUEL

5.2.1 Principe d'analyse

5.2.1.1 Définition d'une classe homogène

L'analyse des mesures est faite en distinguant des classes homogènes. Une classe homogène :

- Est fonction des facteurs environnementaux ayant une influence sur la variabilité des niveaux sonores (variation de trafic routier, activités humaines, chorus matinal, orientation du vent, saison ...).
- Doit prendre en compte la réalité des variations de bruits typiques rencontrés normalement sur le terrain à étudier, tout en considérant également les conditions d'occurrence de ces bruits.
- Présente une unique variable influente sur les niveaux sonores : la vitesse de vent. Une vitesse de vent ne peut donc pas être considérée comme une classe homogène.

Une ou plusieurs classes homogènes peuvent être nécessaires pour caractériser complètement une période particulière spécifiée dans des normes, des textes réglementaires ou contractuels.

Ainsi, une classe homogène peut être définie par l'association de plusieurs critères tels que les périodes jour / nuit ou plages horaires, les secteurs de vent, les activités humaines...

Une analyse des directions observées lors de la campagne de mesure est réalisée sur chaque intervalle de référence.

L'analyse des indicateurs de niveaux sonores et des émergences réglementaires sera réalisée pour chaque classe homogène définie.

5.2.1.2 Corrélation des données de bruit résiduel avec le vent sur site

La corrélation des mesures de bruit avec les vitesses de vent enregistrées sur site permet d'obtenir les niveaux sonores du bruit résiduel en fonction des classes de vitesses de vent mesurées sur site.

La méthode employée pour obtenir ces niveaux sonores résiduels est explicitée dans le projet de norme NFS 31-114 [7]. Il s'agit d'une analyse statistique basée sur la médiane. Pour chaque gamme de vitesse de vent (classe de 1m/s) à 10m de haut sur le site éolien étudié, le niveau sonore retenu est la médiane des mesures LA50. Comme précisé précédemment, cette méthode s'applique lorsque la classe de vitesse de vent étudiée inclut au moins 10 données. Notons que l'extrapolation des mesures sonores est aussi tolérée dans ce cadre de phase prévisionnelle, dans le cas où l'on dispose d'un nombre conséquent de données pour évaluer la tendance de l'évolution du bruit sur les classes de vent éventuellement manquantes.

La représentation de cette corrélation est un nuage de points, avec en abscisse (axe horizontal) la vitesse de vent à 10m au niveau du système de mesure de vent et en ordonnée (axe vertical), le niveau sonore $L_{A50, 10min}$ correspondant aux mesures chez le riverain. Un exemple de nuage de points est présenté Figure 15 ci-après. La médiane retenue pour chaque gamme de vitesse de vent est représentée par un rond jaune.

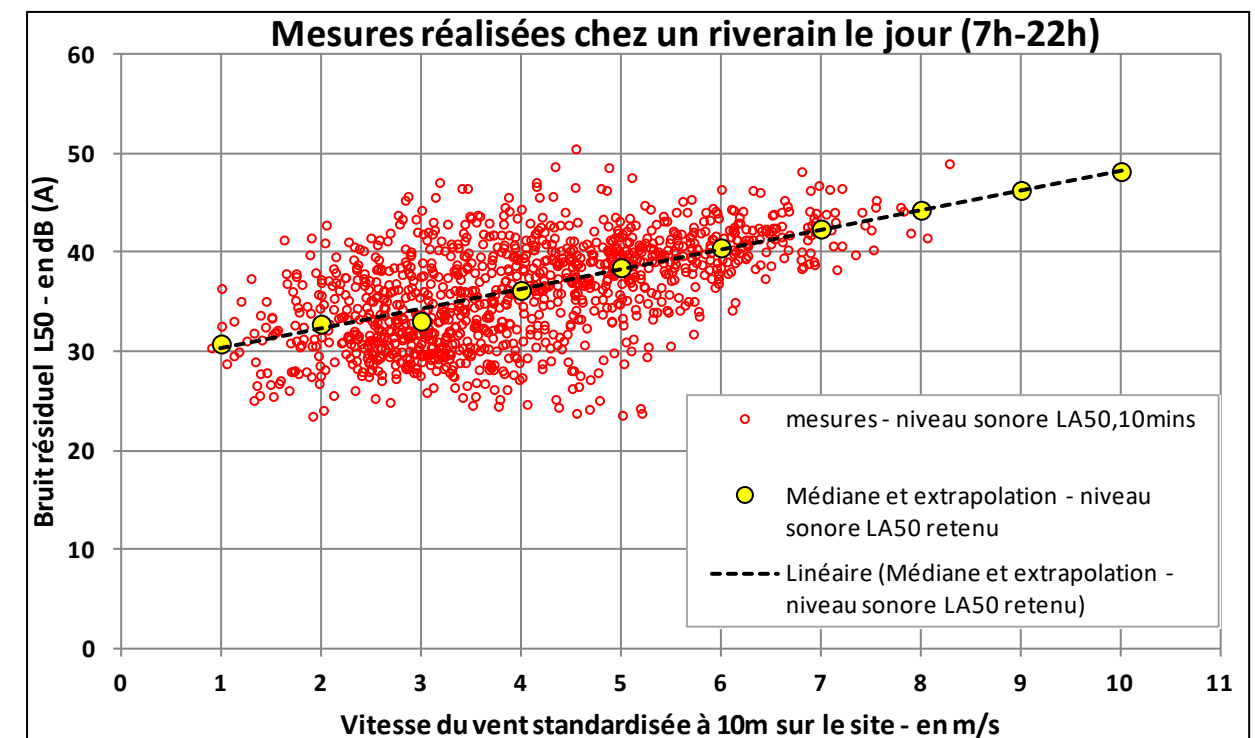


Figure 15 : Exemple de nuage de points illustrant la corrélation des niveaux sonores du bruit résiduel avec la vitesse de vent sur site

5.2.2 Choix des classes homogènes

Pour le projet de Côte Moret, la rose des vents présentée précédemment permet d'identifier deux composantes principales pendant la campagne de mesures :

- Direction Sud-Ouest, correspondant au secteur $[150^\circ ; 330^\circ]$
- Direction Nord-Est, correspondant au secteur $[330^\circ ; 150^\circ]$

L'analyse des mesures n'a pas montré de variation significative des niveaux de bruits entre les deux directions. Un niveau de bruit unique a donc été utilisé quel que soit la direction.

Les périodes diurnes et nocturnes sont quant à elles caractérisées par deux niveaux de bruits distincts : le cœur de journée et la fin de journée pour la période diurne, et cœur de nuit et fin de nuit pour la période nocturne. La différenciation de ces classes homogènes permet d'être au plus proche de la réalité et de respecter scrupuleusement la réglementation. Quatre classes homogènes ont donc été retenues :

- Classe homogène 1 : la période cœur de journée de 7h à 20h
- Classe homogène 2 : la période fin de journée 20h à 22h
- Classe homogène 3 : la période cœur de nuit de 22h à 5h
- Classe homogène 4 : la période fin de nuit de 5h à 7h

5.2.3 Nombre de points de mesure par classe de vitesse de vent

Comme indiqué au paragraphe 5.1.4, le projet de norme NFS 31-114 [7] spécifie un nombre de couples de mesure (niveau sonore, vitesse du vent) pour chaque classe de vitesse de vent pour garantir une certaine représentativité de l'ambiance sonore du lieu. Il est nécessaire d'avoir au moins 10 valeurs de 10mins dans chaque classe de vitesse de vent pour que la valeur du niveau sonore de la vitesse considérée soit jugée fiable.

L'extrapolation des indicateurs sonores est aussi tolérée dans ce cadre de phase prévisionnelle, où l'on dispose d'un nombre conséquent de données pour évaluer la tendance de l'évolution du bruit sur les classes de vent) moins représentées. Les tableaux ci-dessous indiquent, pour chacun des points de mesure et pour chacune des classes homogènes identifiées, le nombre de mesures 10mins disponibles et utilisées.

Les cases grisées indiquent un nombre de données exploitables inférieur à 10. Pour les classes de vitesses de vent correspondantes, le niveau sonore résiduel a donc été estimé par extrapolation des niveaux sonores disponibles sur les autres vitesses de vent.

Vitesse standardisée à 10m (m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	443	619	697	425	97	22	1	0
B – Soulaincourt	448	634	722	426	101	22	1	0
C – Echenay	448	634	706	425	111	22	1	0
D – Harméville	444	616	695	426	111	22	1	0
E - Courberoies	448	635	724	423	96	22	1	0
F – Brouthières	448	634	710	413	96	22	1	0
G – Thonnance-les-Moulins	439	607	688	407	96	22	1	0
H – Bressoncourt	448	634	716	417	96	22	1	0

Tableau 4 : Nombre de valeurs LA50, par classe de vitesse de vent pour la période cœur de jour

Vitesse standardisée à 10m (m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	87	125	125	64	10	5	0	0
B – Soulaincourt	90	133	126	64	10	5	0	0
C – Echenay	90	133	126	68	17	6	0	0
D – Harméville	87	125	125	68	17	6	0	0
E - Courberoies	90	133	126	64	10	5	0	0
F – Brouthières	90	133	126	64	10	5	0	0
G – Thonnance-les-Moulins	87	125	125	64	10	5	0	0
H – Bressoncourt	90	133	126	64	10	5	0	0

Tableau 5 : Nombre de valeurs LA50, par classe de vitesse de vent pour la période fin de jour

Vitesse standardisée à 10m (m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	201	324	436	277	84	8	0	0
B – Soulaincourt	201	326	442	288	103	12	0	0
C – Echenay	201	326	442	300	115	12	0	0
D – Harméville	201	324	436	289	96	8	0	0
E - Courberoies	201	326	442	288	103	12	0	0
F – Brouthières	201	326	442	288	103	12	0	0
G – Thonnance-les-Moulins	201	324	436	277	84	8	0	0
H – Bressoncourt	201	326	442	288	103	12	0	0

Tableau 6 : Nombre de valeurs LA50, par classe de vitesse de vent pour la période cœur de nuit

Vitesse standardisée à 10m (m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	61	78	93	79	19	6	0	0
B – Soulaincourt	61	78	99	85	19	6	0	0
C – Echenay	61	78	99	85	19	6	0	0
D – Harméville	61	78	93	79	19	6	0	0
E - Courberoies	61	78	99	85	19	6	0	0
F – Brouthières	61	78	99	85	19	6	0	0
G – Thonnance-les-Moulins	61	78	93	79	19	6	0	0
H – Bressoncourt	61	78	99	85	19	6	0	0

Tableau 7 : Nombre de valeurs LA50, par classe de vitesse de vent pour la période fin de nuit

5.2.4 Indicateurs de bruit résiduel retenu pour chaque classe homogène

Les tableaux ci-dessous présentent les indicateurs de bruit résiduel obtenus après analyse sur chaque classe homogène identifiée, pour tous les points de mesure concernés.

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, standardisée à 10m de hauteur (m/s)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	34	35.2	36.6	38.7	41.2	45.2	45.2	45.7
B – Soulaincourt	47.9	47.9	48	47.4	48	50	50	50
C – Echenay	49.8	51.1	51	50.4	50.6	52.1	52.1	52.3
D – Harméville	40.6	41	41.6	42.9	44.2	47.4	47.4	47.7
E - Courberoies	37.3	39.1	42.6	46.6	50	54.4	54.9	57.6
F – Brouthières	39.7	39.7	41	42.6	45.4	47.1	47.1	47.7
G – Thonnance-les-Moulins	37.3	37.1	37	38.3	39.8	42.7	42.7	42.7
H – Bressoncourt	42	42	42.6	44.1	45.2	50.4	50.4	50.4

Tableau 8 : Indicateur de bruit résiduel en dBA fonction de la vitesse de vent période cœur de journée

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, standardisée à 10m de hauteur (m/s)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	28.6	29.2	30.2	30.6	34.2	34.2	34.5	35.5
B – Soulaincourt	31.4	32.8	34.4	32.8	43.4	43.4	43.4	44.1
C – Echenay	31.3	33.9	34.1	33	50.7	50.7	50.7	51.9
D – Harméville	33.8	34.6	33.3	33.9	39.6	39.6	39.6	39.6
E - Courberoies	27.8	29.3	32.6	35.4	45.5	45.5	47.7	51
F – Brouthières	27.4	29.7	31.7	32.9	38.8	38.9	41.1	43.2
G – Thonnance-les-Moulins	31.5	32.3	32.7	31.8	34.3	34.3	34.3	34.3
H – Bressoncourt	27.1	27.8	28.5	30.5	39.7	39.7	39.7	40.6

Tableau 9 : Indicateur de bruit résiduel en dBA fonction de la vitesse de vent période fin de jour

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, standardisée à 10m de hauteur (m/s)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	18.1	19.7	20.9	20	24.1	24.1	24.1	24.9
B – Soulaincourt	26.2	26.9	27.3	27.1	27.7	26.5	28	28.3
C – Echenay	23.3	23.9	24.8	25.8	27.1	25.5	27.3	27.9
D – Harméville	29.9	30.1	29.1	28.1	30.2	30.2	30.2	30.2
E - Courberoies	20.5	22.9	25	27.7	35.6	39.6	39.6	42.4
F – Brouthières	21.3	25.3	27.4	30.1	31.2	31.5	34.9	37
G – Thonnance-les-Moulins	25.5	25.9	26.8	28.2	30.9	30.9	31.7	32.7
H – Bressoncourt	21.3	21.2	23.6	26.4	30.3	33.9	33.9	34.8

Tableau 10 : Indicateur de bruit résiduel en dBA fonction de la vitesse de vent période cœur de nuit

Nom des points de mesures	Vitesse du vent sur le site, standardisée à 10m de hauteur (m/s)							
	3	4	5	6	7	8	9	10
A – La Saur	37.2	36.9	36.8	37.5	37	37.6	37.8	38.1
B – Soulaincourt	48.7	50.1	50.1	51.1	51.2	52.4	53.1	53.8
C – Echenay	50.6	52.4	51.6	51.6	50.7	50.7	50.7	50.7
D – Harméville	45.5	44.9	44.5	44.7	43.8	44.7	44.7	44.8
E - Courberoies	37	37.4	36.8	40.1	43.6	43.6	44.6	46
F – Brouthières	37	38.1	36.4	40.2	39.6	41.9	43.2	44.6
G – Thonnance-les-Moulins	35.8	35.5	34	36.5	38	38	38.8	39.5
H – Bressoncourt	43.6	44.4	40.5	44.6	47.2	47.2	47.6	48.5

Tableau 11 : Indicateur de bruit résiduel dBA en fonction de la vitesse de vent période fin de nuit

L'Annexe 1 présente tous les graphes de corrélation, i.e. les niveaux sonores mesurés en fonction des vitesses de vent, pour les périodes cœur de jour, fin de jour, cœur de nuit et fin de nuit. Ceci permet d'avoir une visualisation graphique des résultats de la campagne acoustique, au-delà du niveau sonore retenu (médiane LA50) pour chaque classe de vitesse de vent, tel que présenté dans les tableaux.

6 MODÉLISATION DE L'IMPACT SONORE DU PROJET ÉOLIEN DE CÔTE MORET

Afin d'évaluer les émergences à l'emplacement des ZER étudiées, il est nécessaire de calculer la contribution sonore cumulée des éoliennes à l'emplacement de ces mêmes ZER. Ces contributions correspondent à l'impact cumulé de toutes les éoliennes, pour chaque ZER, pour chaque classe de vitesse de vent standardisée à 10m au-dessus du sol sur la plage de fonctionnement des éoliennes.

La prévision des niveaux sonores émis par les éoliennes est réalisée sur ordinateur selon la norme ISO 9613-2 [8].

Les différentes données d'entrée ainsi que les paramètres du calcul de modélisation sont détaillées ci-dessous.

6.1 CARACTERISTIQUES DES EOLIENNES

La modélisation de l'impact d'un projet éolien requiert la localisation précise de chaque éolienne, ainsi que ses caractéristiques techniques (hauteur de moyeu et données acoustiques).

Les données acoustiques nécessaires au calcul sont le spectre des émissions sonores (décomposition en fréquences de la puissance sonore) et les puissances sonores en fonction des vitesses de vent. Ces données sont fournies par le constructeur.

Les niveaux d'émission sonore d'une éolienne diffèrent en fonction du modèle (gabarit, constructeur, année de conception, options technologiques...). Pour le projet éolien de Côte Moret, Q ENERGY FRANCE a donc considéré différents modèles d'éoliennes de diamètre compris entre 132 et 162m avec des puissances comprises entre 3.75MW et 7.2MW.

La Figure 16 compare les émissions acoustiques des machines suivantes :

- Nordex N149-4.5MW : utilisée pour l'étude acoustique – la plus impactante
- Vestas V150-5.6MW : pour comparaison avec une éolienne de même gabarit
- Nordex N133-4.8MW : pour comparaison avec une éolienne de puissance similaire, mais présentant un rotor plus petit dans l'enveloppe envisagée
- [3] Siemens Gamesa SG132-3.75MW : pour comparaison avec une éolienne de diamètre et puissance inférieure dans l'enveloppe envisagée
- Vestas V162 7.2MW : pour comparaison avec une éolienne de gabarit et de puissance supérieurs à l'éolienne choisie pour l'étude acoustique et au-delà de l'enveloppe envisagée

Cet éventail de machines est représentatif des éoliennes disponibles et utilisées sur le marché Français dans la gamme envisagée pour le projet de Côte Moret.

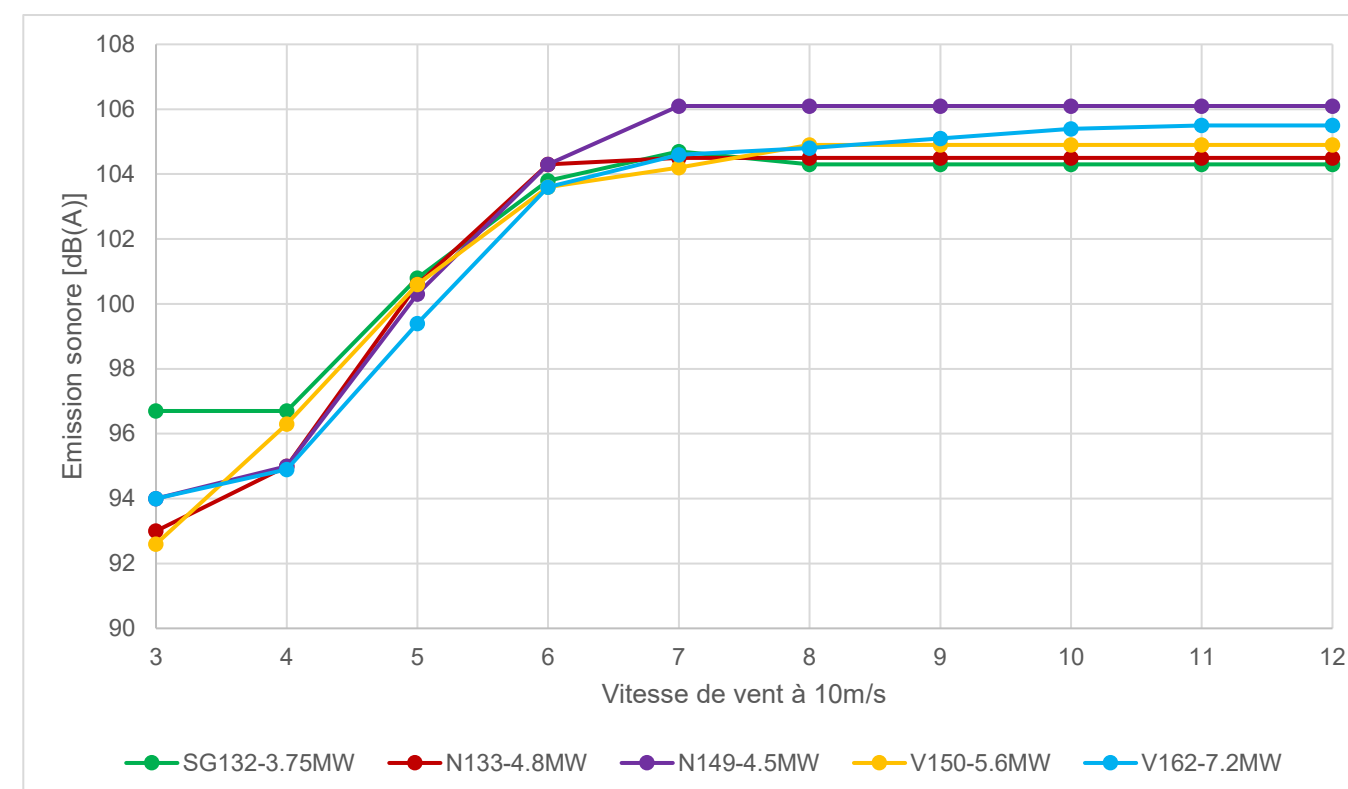


Figure 16 : Courbes d'émissions sonores en fonction de la vitesse de vent pour différentes éoliennes

La Nordex N149-4.5MW présente le scénario le plus impactant. Q ENERGY France fait donc le choix de retenir la N149-4.5MW afin de s'assurer que toute machine de diamètre maximum 150m et de puissance maximum 7.0MW retenue après consultation des constructeurs respectera les émergences estimées dans le rapport.

La N149-4.5MW étudiée pour la modélisation acoustique du projet éolien de Côte Moret, présente les caractéristiques techniques suivantes :

- Puissance unitaire : 4.5 MW
- Hauteur du moyeu : 105 m
- Diamètre du rotor : 149 m

Pour chaque type d'éolienne, il existe plusieurs réglages, généralement appelés modes, correspondant à des courbes de puissances sonores différentes. Les caractéristiques acoustiques du modèle choisi sont décrites en Annexe 2.

Il est important de noter que le modèle d'éolienne retenu après consultation des constructeurs une fois les autorisations obtenues pourra présenter des caractéristiques géométriques ou électriques différentes de celui présenté dans ce rapport, sans que cela ne constitue un changement notable de l'installation au sens du Code de l'Environnement. En effet, le modèle finalement retenu s'il différait de celui présenté dans ce rapport, permettra de respecter les critères acoustiques définis dans l'arrêté du 26 août 2011.

6.2 HYPOTHESES SUR LA PROPAGATION

Pour simuler la propagation du son entre les éoliennes et les ZER, le logiciel utilise l'algorithme ISO 9613-2 [8]. Cet algorithme prend en compte :

- Les atténuations dues à la divergence géométrique (atténuation due à la distance) ;
- L'absorption atmosphérique, qui dépend principalement de la température et de l'humidité moyenne de l'air ;
- L'absorption et la réflexion du sol décrite par un facteur G d'absorption du sol ;
- Les effets d'écran. Ces effets peuvent être causés par tout type d'obstacle entravant la propagation du son. Afin de rester conservateur, seuls les effets d'écran liés à la topographie sont modélisés.

La divergence géométrique est la première cause d'atténuation de la propagation du son en champ libre, en milieu extérieur. Les effets topographiques peuvent également avoir une importance non négligeable.

Pour calculer les prévisions sonores du parc éolien, les paramètres d'entrée ont été choisis comme suit :

- L'absorption du sol G a été fixée à 0.6. Plus la valeur de G est élevée, plus l'atténuation due au sol est importante. La valeur G=0.6 permet de se placer dans un cas conservateur comme le montre le tableau ci-dessous :

Type de sol	Valeur de l'absorption G
Eau	0.0
Pelouse	0.6-0.8
Terrain en herbe	0.6-0.8
Forêt feuillue	0.7-0.9
Champs labourés	0.7-0.9
Neige Fraiche	1.0

Tableau 12 : Valeurs de référence de l'absorption du sol en fonction du type de sol

- Les paramètres représentant les conditions atmosphériques ont été choisis de sorte à favoriser la propagation sonore, au sens de la norme ISO 9613-2. Par conséquent, la température moyenne est fixée à 10°C et l'humidité relative moyenne à 70% : ces valeurs sont donc conservatrices ;
- Le terrain est modélisé grâce aux données de l'Institut Géographique National (BD Alti) ;
- La couverture végétale (bois, forêts) n'est pas prise en compte dans la modélisation. Tous les effets d'atténuation des rayons sonores par la végétation sont donc négligés, même si ces effets sont souvent peu perceptibles dans le cas des parcs éoliens où les sources sonores sont à une hauteur élevée par rapport au niveau du sol. Ce choix reste conservateur ;
- La localisation précise des éoliennes et des ZER, via leurs coordonnées respectives, est fournie dans le logiciel ;
- Les prévisions sont calculées pour un récepteur d'une hauteur de 4 m au-dessus du sol – hauteur recommandée dans la référence [9], soit à l'emplacement de chaque ZER. Cette hauteur est équivalente à des prévisions faites au deuxième étage d'un bâtiment et permet d'obtenir un niveau sonore des éoliennes plus élevé qu'un calcul réalisé à 1.8 m du sol, et plus proche du niveau qui serait réellement perçu. Cette valeur de 4m maximisant donc légèrement l'impact du parc éolien au niveau des ZER, restant en ligne avec la position conservatrice de la présente modélisation ;
- Les prévisions ont été obtenues pour toutes les gammes de vitesses de vent standardisées $V_{10,z=0,05}$ (classe de 1m/s centrée sur la valeur entière) : entre 3 et 10 m/s ;

- Toutes les prévisions des émissions sonores du parc éolien sont réalisées en considérant que les ZER se situent toujours sous le vent de toutes les éoliennes du parc, cas le plus favorable à la propagation sonore, conformément aux recommandations de la norme ISO 9613-2. Ce choix de calcul est très conservateur, dans la mesure où une ZER ne sera que très rarement sous le vent de toutes les éoliennes. Il conduit ainsi à une surestimation des prévisions des niveaux sonores dus au fonctionnement du parc éolien, à l'emplacement de toutes les ZER étudiées.

Une expertise menée dans le cadre de recherche pour La Commission Européenne a étudié de façon approfondie la propagation des émissions sonores des aérogénérateurs à l'aide de cet algorithme. L'algorithme ISO 9613 demeure à ce jour le plus fiable et son aspect conservateur a bien été prouvé puisqu'il tend généralement à surestimer les niveaux de bruit [9].

Cependant, pour les sites à topographie complexe, les atténuations sonores liées aux effets d'écran peuvent être surestimées, et donc conduire à une sous-estimation des contributions sonores d'une ou plusieurs éoliennes à l'emplacement de certaines ZER étudiées (principalement celles qui n'ont pas de vue directe sur l'ensemble des éoliennes). Pour remédier à ce problème, une étude a été menée [15], aboutissant aux conclusions suivantes :

- L'atténuation liée aux effets d'écran doit être considérée comme :
 - o Nulle si l'éolienne est visible depuis l'habitation,
 - o Égale à 2dB(A) si l'éolienne est non visible depuis l'habitation.
- Une correction pour les effets supplémentaires résultant de la présence de certains effets de sol entre la source et le récepteur est prise en compte.

Il est important de noter que Q ENERGY FRANCE applique ces corrections pour toutes les expertises de ses projets, quelle que soit la nature de la topographie. Ceci garantit une démarche conservatrice.

Le choix d'une modélisation conservatrice (conduisant à des niveaux sonores émis par le parc plus élevé qu'avec d'autres paramètres) permet d'avoir une marge vis-à-vis de l'impact sonore réel du parc éolien lorsqu'il sera en exploitation. En effet, la propagation sonore est un phénomène difficile à modéliser, notamment du fait de sa dépendance à des facteurs variables dans le temps. Ainsi, considérer les paramètres les plus favorables à la propagation du son, qui surestiment généralement l'impact du parc éolien, permet de limiter le risque de non-conformité acoustique du parc en exploitation.

6.3 POINTS DE CALCUL RETENUS AU SEIN DES ZER

Au sein de chaque ZER, l'impact du parc éolien peut varier en fonction de la proximité aux éoliennes mais aussi de l'exposition à celles-ci selon la topographie entre le site et les lieux étudiés. Dans la modélisation de l'impact sonore des éoliennes, différents points de calcul à l'intérieur de chaque ZER sont étudiés pour tenir compte de ces variations : on ne retient ensuite que les plus impactés.

En effet, bien que le paramètre de distance au projet soit prépondérant dans le choix des points de calcul, les paramètres de modélisation, décrits ci-dessus au paragraphe 6.2, peuvent amener à obtenir des niveaux d'émissions sonores du parc plus élevés pour des points de calculs un peu plus éloignés du site. Ceci est dû aux effets de la topographie (effets de barrière) qui peuvent protéger du bruit des éoliennes certains points plus proches du site que d'autres.

La Figure 17 est un exemple de ce cas :

- Le point A, situé à flanc de colline, est protégé du bruit du parc par la topographie ;
- Le point B, pourtant plus éloigné des éoliennes, est aussi en retrait vis à vis du relief, autorisant donc une vue plus directe sur le projet éolien : il sera donc plus impacté par les émissions sonores du parc.



Figure 17 : Illustration d'une configuration de 2 lieux soumis à des impacts sonores différents

Par souci de clarté et d'efficacité, on ne présente dans ce rapport que les points de calcul les plus proches et/ou les plus impactés au sein de chaque ZER.

Le Tableau 9 ci-dessous présente les points de calcul retenus au sein de l'ensemble des ZER prises en compte pour cette étude d'impact acoustique.

Nom de la ZER	Point de mesures	Point de calcul pour la modélisation sonore	Distance à l'éolienne la plus proche	Justification du choix du point de calcul au sein de la ZER
ZER Garde Barrière	A	H1 – Garde Barrière	E3 - 625m	Habitation isolée la plus proche de E3
ZER Gare	A	H2 – Gare	E3 - 624m	Habitation isolée la plus proche de E3
ZER Soulaincourt	B	H3 – Soulaincourt	E2 – 620m	Habitation la plus proche au sein du bourg de Soulaincourt
ZER Echenay	C	H4 – Echenay	E1 – 1460m	Habitation la plus proche au sein du bourg d'Echenay
ZER Harméville	D	H5 – Harméville	E3 – 1150m	Habitation la plus proche au sein du bourg d'Echenay
ZER Bressoncourt	H	H6 – Bressoncourt	E4 – 1980m	Habitation la plus proche au sein du bourg de Bressoncourt
ZER Courberoies	E	H7 – Courberoies – Nord	E4 – 735m	Habitation la plus impactée par E4
ZER Courberoies	E	H8 – Courberoies – Sud	E6 – 710m	Habitation la plus impactée par E6
ZER Brouthières	F	H9 – Brouthières	E7 – 1970m	Habitation la plus proche au sein du bourg de Brouthières
ZER Thonnance-les-Moulins	G	H10 – Thonnance-les-Moulins	E5 – 1920m	Habitation la plus proche au sein du bourg de Thonnance-les-Moulins

Tableau 13 : Points de calcul retenus au sein des ZER

La Figure 18 présentée ci-après permet de situer les ZER étudiées, les points de mesures du bruit résiduel et les points de calcul retenus. Cette carte fournit des contours d'iso-distance des éoliennes, ce qui permet d'apprécier rapidement la distance entre les ZER et le parc éolien.

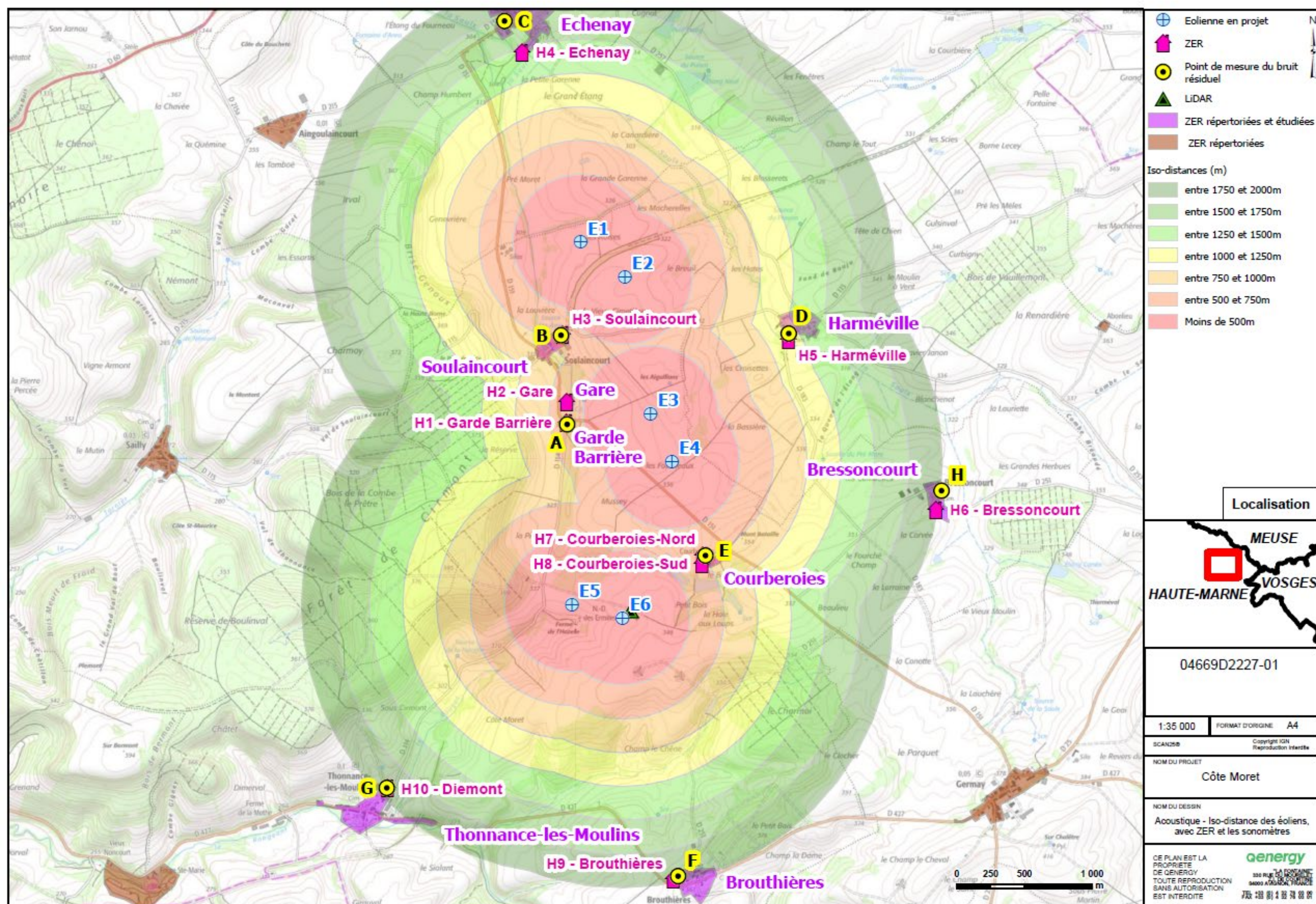


Figure 18 : Localisation des points de calcul et des points de mesure au sein des ZER étudiées

7 EVALUATION DE L'IMPACT SONORE

7.1 RAPPEL DE LA REGLEMENTATION

Le suivant récapitule les émergences réglementaires que le parc éolien de Côte Moret devra respecter :

Niveau de bruit ambiant existant incluant le bruit de l'installation	Emergence maximale admissible	
	Période diurne (7h – 22h)	Période nocturne (22h – 7h)
$L_{amb} \leq 35.0$ dBA	/	/
$L_{amb} > 35.0$ dBA	$E \leq 5.0$ dBA	$E \leq 3.0$ dBA

Tableau 14 : Exigences réglementaires sur les émergences

A partir des niveaux mesurés du bruit résiduel et des niveaux sonores modélisés pour le parc éolien, les niveaux de bruit ambiant au niveau de chaque ZER peuvent être estimés afin de quantifier les émergences :

Niveau de bruit résiduel retenu	Via mesures sur site : Indicateur de bruit $L_{A50,10min}$	L_{res}
Niveau de bruit des éoliennes	Évalué via modélisation de la propagation sonore du parc	L_{part}
Niveau de bruit ambiant prévisionnel	$10 \times \log \left(10^{L_{res}/10} + 10^{L_{part}/10} \right)$	L_{amb}
Emergence prévisionnelle	$E = L_{amb} - L_{res}$	E

Le calcul est effectué pour chaque classe de vitesse du vent sur la plage 3-10m/s standardisée à 10m de haut sur le site éolien étudié, pour chaque ZER, pour chaque classe homogène identifiée. Cette plage représente la majorité des vents présents à l'année sur le site.

Les sections suivantes présentent les niveaux de bruit résiduel et ambiant ainsi que les émergences prévisionnelles pour chaque ZER retenue dans ce rapport. Ces niveaux sont comparés aux seuils réglementaires pour en déduire la conformité du parc sur chacune des classes homogènes identifiées.

7.2 IMPACT SONORE DU PARC EOLIEN DE COTE MORET SANS BRIDAGE

Dans cette section, toutes les éoliennes sont considérées fonctionner en mode nominal pour chacune des classes homogènes identifiées.

7.2.1 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 1 – Période cœur de journée

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à $H_{ref} = 10m$ – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L_{res}	34.0	35.2	36.6	38.7	41.2	45.2	45.2	45.7
	L_{amb}	35.2	36.3	39.0	42.0	44.2	46.6	46.6	47.0
	E	1.2	1.1	2.4	3.3	3.0	1.4	1.4	1.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H2 - Gare	L_{res}	34.0	35.2	36.6	38.7	41.2	45.2	45.2	45.7
	L_{amb}	35.2	36.3	39.0	42.0	44.2	46.6	46.6	47.0
	E	1.2	1.1	2.4	3.3	3.0	1.4	1.4	1.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H3 - Soulaincourt	L_{res}	47.9	47.9	48.0	47.4	48.0	50.0	50.0	50.0
	L_{amb}	48.0	48.0	48.3	48.1	48.9	50.6	50.6	50.6
	E	0.1	0.1	0.3	0.7	0.9	0.6	0.6	0.6
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L_{res}	49.8	51.1	51.0	50.4	50.6	52.1	52.1	52.3
	L_{amb}	49.8	51.1	51.0	50.4	50.7	52.1	52.1	52.3
	E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L_{res}	40.6	41.0	41.6	42.9	44.2	47.4	47.4	47.7
	L_{amb}	40.7	41.1	41.9	43.5	44.8	47.7	47.7	48.0
	E	0.1	0.1	0.3	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L_{res}	42.0	42.0	42.6	44.1	45.2	50.4	50.4	50.4
	L_{amb}	42.0	42.0	42.7	44.2	45.3	50.4	50.4	50.4
	E	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberioies-Nord	L_{res}	37.3	39.1	42.6	46.6	50.0	54.4	54.9	57.6
	L_{amb}	37.9	39.6	43.3	47.3	50.5	54.6	55.1	57.7
	E	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5	0.2	0.2	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberioies-Sud	L_{res}	37.3	39.1	42.6	46.6	50.0	54.4	54.9	57.6
	L_{amb}	37.8	39.6	43.3	47.3	50.5	54.6	55.1	57.7
	E	0.5	0.5	0.7	0.7	0.5	0.2	0.2	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L_{res}	39.7	39.7	41.0	42.6	45.4	47.1	47.1	47.7
	L_{amb}	39.7	39.7	41.1	42.7	45.5	47.2	47.2	47.8
	E	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L_{res}	37.3	37.1	37.0	38.3	39.8	42.7	42.7	42.7
	L_{amb}	37.3	37.1	37.2	38.6	40.1	42.9	42.9	42.9
	E	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 15 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 1 – Cœur de journée

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, aucun dépassement des seuils réglementaires diurnes n'est relevé.

Le risque acoustique sur tous les points est considéré comme faible.

7.2.2 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 2 – Période fin de journée

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à H _{ref} = 10m – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	28.6	29.2	30.2	30.6	34.2	34.2	34.5	35.5
	L _{amb}	31.8	32.6	36.5	39.9	41.9	41.9	42.0	42.2
	E	-	-	6.3	9.3	7.7	7.7	7.5	6.7
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
H2 - Gare	L _{res}	28.6	29.2	30.2	30.6	34.2	34.2	34.5	35.5
	L _{amb}	31.8	32.6	36.5	39.9	41.9	41.9	42.0	42.2
	E	-	-	6.3	9.3	7.7	7.7	7.5	6.7
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
H3 - Soulaincourt	L _{res}	31.4	32.8	34.4	32.8	43.4	43.4	43.4	44.1
	L _{amb}	33.7	34.9	38.3	40.8	45.7	45.7	45.7	46.1
	E	-	-	3.9	8.0	2.3	2.3	2.3	2.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L _{res}	31.3	33.9	34.1	33.0	50.7	50.7	50.7	51.9
	L _{amb}	31.6	34.1	34.7	34.6	50.8	50.8	50.8	51.9
	E	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	33.8	34.6	33.3	33.9	39.6	39.6	39.6	39.6
	L _{amb}	34.2	35.1	35.1	37.2	41.2	41.2	41.2	41.2
	E	-	0.5	1.8	3.3	1.6	1.6	1.6	1.6
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L _{res}	27.1	27.8	28.5	30.5	39.7	39.7	39.7	40.6
	L _{amb}	27.6	28.3	29.9	32.5	40.1	40.1	40.1	41.0
	E	-	-	-	-	0.4	0.4	0.4	0.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberioies-Nord	L _{res}	27.8	29.3	32.6	35.4	45.5	45.5	47.7	51.0
	L _{amb}	31.2	32.5	36.9	40.5	46.7	46.7	48.5	51.4
	E	-	-	4.3	5.1	1.2	1.2	0.8	0.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberioies-Sud	L _{res}	27.8	29.3	32.6	35.4	45.5	45.5	47.7	51.0
	L _{amb}	31.2	32.4	36.9	40.5	46.7	46.7	48.5	51.4
	E	-	-	4.3	5.1	1.2	1.2	0.8	0.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	27.4	29.7	31.7	32.9	38.8	38.9	41.1	43.2
	L _{amb}	27.8	30.0	32.2	33.9	39.2	39.3	41.3	43.4
	E	-	-	-	-	0.4	0.4	0.2	0.2
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L _{res}	31.5	32.3	32.7	31.8	34.3	34.3	34.3	34.3
	L _{amb}	31.6	32.4	33.1	33.0	35.4	35.4	35.4	35.4
	E	-	-	-	-	1.1	1.1	1.1	1.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 16 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 2 – fin de journée

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, un dépassement des seuils réglementaires diurnes est relevé sur les points n°1, 2, 3, 7 et 8.

Le dépassement des seuils réglementaires est relevé pour les vitesses de 5 à 10m/s. Ces dépassements sont de l'ordre de 0,1 à 4.3 dBA.

Le risque acoustique sur ces points est considéré comme très probable.

Aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur les autres points.

7.2.3 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 3 – Période cœur de nuit

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à H _{ref} = 10m – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	18.1	19.7	20.9	20.0	24.1	24.1	24.1	24.9
	L _{amb}	29.4	30.4	35.5	39.4	41.2	41.2	41.2	41.2
	E	-	-	14.6	19.4	17.1	17.1	17.1	16.3
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
H2 - Gare	L _{res}	18.1	19.7	20.9	20.0	24.1	24.1	24.1	24.9
	L _{amb}	29.3	30.4	35.5	39.4	41.2	41.2	41.2	41.2
	E	-	-	14.6	19.4	17.1	17.1	17.1	16.3
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
H3 - Soulaincourt	L _{res}	26.2	26.9	27.3	27.1	27.7	26.5	28.0	28.3
	L _{amb}	31.3	32.2	36.6	40.3	42.0	42.0	42.0	42.0
	E	-	-	9.3	13.2	14.3	15.5	14.0	13.7
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non
H4 - Echenay	L _{res}	23.3	23.9	24.8	25.8	27.1	25.5	27.3	27.9
	L _{amb}	24.7	25.5	28.2	31.1	32.7	32.3	32.8	33.0
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	29.9	30.1	29.1	28.1	30.2	30.2	30.2	30.2
	L _{amb}	30.9	31.3	32.8	35.3	37.2	37.2	37.2	37.2
	E	-	-	-	7.2	7.0	7.0	7.0	7.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
H6 - Bressoncourt	L _{res}	21.3	21.2	23.6	26.4	30.3	33.9	33.9	34.8
	L _{amb}	22.9	23.2	26.9	30.4	33.1	35.4	35.4	36.0
	E	-	-	-	-	-	1.5	1.5	1.2
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberioies-Nord	L _{res}	20.5	22.9	25.0	27.7	35.6	39.6	39.6	42.4
	L _{amb}	29.2	30.4	35.3	39.2	41.9	43.2	43.2	44.6
	E	-	-	10.3	11.5	6.3	3.6	3.6	2.2
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
H8 - Courberioies-Sud	L _{res}	20.5	22.9	25.0	27.7	35.6	39.6	39.6	42.4
	L _{amb}	29.2	30.4	35.3	39.2	41.8	43.2	43.2	44.6
	E	-	-	10.3	11.5	6.2	3.6	3.6	2.2
	Conformité	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	21.3	25.3	27.4	30.1	31.2	31.5	34.9	37.0
	L _{amb}	22.6	26.0	28.7	31.8	33.2	33.4	35.9	37.6
	E	-	-	-	-	-	-	1.0	0.6
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L _{res}	25.5	25.9	26.8	28.2	30.9	30.9	31.7	32.7
	L _{amb}	26.0	26.5	28.3	30.7	33.0	33.0	33.5	34.2
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 17 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 3 - cœur de nuit

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, un dépassement des seuils réglementaires nocturnes est relevé sur les points n°1, 2, 3, 5, 7 et 8.

Le dépassement des seuils réglementaires est relevé pour les vitesses de 5 à 10m/s. Ces dépassements sont de l'ordre de 0.3 à 7dBA.

Le risque acoustique sur ces points est considéré comme très probable.

Aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur les autres points.

7.2.4 Résultats prévisionnels pour la classe homogène 4 – Période fin de nuit

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à $H_{ref} = 10m$ – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	37.2	36.9	36.8	37.5	37.0	37.6	37.8	38.1
	L _{amb}	37.8	37.7	39.1	41.5	42.5	42.7	42.8	42.9
	E	0.6	0.8	2.3	4.0	5.5	5.1	5.0	4.8
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
H2 - Gare	L _{res}	37.2	36.9	36.8	37.5	37.0	37.6	37.8	38.1
	L _{amb}	37.8	37.7	39.1	41.5	42.5	42.7	42.8	42.9
	E	0.6	0.8	2.3	4.0	5.5	5.1	5.0	4.8
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non
H3 - Soulaincourt	L _{res}	48.7	50.1	50.1	51.1	51.2	52.4	53.1	53.8
	L _{amb}	48.8	50.2	50.3	51.4	51.7	52.8	53.4	54.1
	E	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L _{res}	50.6	52.4	51.6	51.6	50.7	50.7	50.7	50.7
	L _{amb}	50.6	52.4	51.6	51.6	50.8	50.8	50.8	50.8
	E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	45.5	44.9	44.5	44.7	43.8	44.7	44.7	44.8
	L _{amb}	45.5	44.9	44.7	45.1	44.5	45.3	45.3	45.4
	E	0.0	0.0	0.2	0.4	0.7	0.6	0.6	0.6
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L _{res}	43.6	44.4	40.5	44.6	47.2	47.2	47.6	48.5
	L _{amb}	43.6	44.4	40.6	44.7	47.3	47.3	47.7	48.6
	E	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberioies-Nord	L _{res}	37.0	37.4	36.8	40.1	43.6	43.6	44.6	46.0
	L _{amb}	37.6	38.1	39.0	42.6	45.4	45.4	46.1	47.1
	E	0.6	0.7	2.2	2.5	1.8	1.8	1.5	1.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberioies-Sud	L _{res}	37.0	37.4	36.8	40.1	43.6	43.6	44.6	46.0
	L _{amb}	37.6	38.1	38.9	42.5	45.4	45.4	46.1	47.1
	E	0.6	0.7	2.1	2.4	1.8	1.8	1.5	1.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	37.0	38.1	36.4	40.2	39.6	41.9	43.2	44.6
	L _{amb}	37.0	38.1	36.6	40.4	39.9	42.1	43.4	44.7
	E	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnanece-les-Moulins	L _{res}	35.8	35.5	34.0	36.5	38.0	38.0	38.8	39.5
	L _{amb}	35.9	35.6	34.3	37.0	38.5	38.5	39.2	39.9
	E	0.1	0.1	-	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 18 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 4 – fin de nuit

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, un dépassement des seuils réglementaires nocturnes est relevé sur les points n°1 et 2.

Le dépassement des seuils réglementaires est relevé pour les vitesses de 5 à 10m/s. Ces dépassements sont de l'ordre de 1 à 2,5dBA.

Le risque acoustique sur ces points est considéré comme probable.

Aucun dépassement des seuils réglementaires n'est relevé sur les autres points.

7.4 OPTIMISATION DE L'IMPACT DU PARC

7.4.1 Comment réduire l'impact du parc : le bridage

Le résultat des simulations acoustiques conclut à un risque de dépassement des émergences réglementaires. Un plan d'optimisation ou plan de bridage doit donc être proposé afin de prévoir un mode de fonctionnement du parc respectant les critères acoustiques réglementaires.

Ce plan de bridage est élaboré en utilisant les différents modes de fonctionnement de la machine retenue, présentés dans le Tableau 19 et en Annexe 2.

Vitesse de vent standardisée à Href = 10m								
Modes réduits	3	4	5	6	7	8	9	10
Mode 0	94	95	100.3	104.3	106.1	106.1	106.1	106.1
Mode 1	94	95	100.3	104.3	105.5	105.5	105.5	105.5
Mode 2	94	95	100.3	104.3	105	105	105	105
Mode 3	94	95	100.3	104.3	104.6	104.6	104.6	104.6
Mode 4	94	95	100.3	103.9	104.1	104.1	104.1	104.1
Mode 5	94	95	100.3	103.6	103.6	103.6	103.6	103.6
Mode 6	94	95	100.3	103	103	103	103	103
Mode 7	94	95	100.3	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5
Mode 8	94	95	100.3	102	102	102	102	102
Mode 9	94	95	100.1	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5
Mode 10	94	95	99.8	100	100	100	100	100
Mode 11	94	95	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
Mode 12	94	95	99	99	99	99	99	99
Mode 13	94	95	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
Mode 14	94	95	98	98	98	98	98	98
Mode 15	94	95	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5
Mode 16	94	95	97	97	97	97	97	97
Mode 17	94	95	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5

Tableau 19 : Caractéristiques sonores du modèle d'éolienne retenu

Ce plan de bridage est mis en œuvre grâce au logiciel d'acquisition et de contrôle à distance de l'éolienne, le SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition). Les bridages se déclenchent selon les informations mesurées par l'anémomètre et la girouette présents sur la nacelle de l'éolienne.

Les bridages correspondent à des ralentissements graduels de la vitesse de rotation du rotor de l'éolienne permettant de réduire la puissance sonore des éoliennes. Concrètement, la vitesse de rotation du rotor est réduite par une réorientation des pales, via le pitch (système d'orientation des pales se trouvant au niveau du hub ou nez de l'éolienne) afin de limiter leur prise au vent en jouant sur le profil aérodynamique de la pale. Les modes de bridage correspondent donc à une inclinaison plus ou moins importante des pales. On peut ainsi en déduire que plus le bridage est important, plus la perte de production augmente.

L'intérêt de cette technique est qu'elle permet de ne pas utiliser de frein, qui pourrait lui aussi produire une émission sonore et augmenter l'usure des parties mécaniques. En cas d'arrêt programmé de l'éolienne dans le cadre du plan de bridage, les pales seront mises « en drapeau » de la même manière, afin d'annuler la prise au vent des pales et donc empêcher la rotation du rotor.

Il est important de rappeler que le modèle d'éolienne retenu après consultation des constructeurs une fois les autorisations obtenues pourra présenter des caractéristiques géométriques ou électriques différentes de celui présenté dans ce rapport, sans que cela ne constitue un changement notable de l'installation au sens du Code de l'Environnement. En effet, le plan de bridage sera adapté aux niveaux d'émissions sonores du modèle d'éolienne finalement retenu au moment de la construction du parc, afin de respecter les critères acoustiques réglementaires définis dans l'arrêté du 26 août 2011.

7.4.2 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 2 – Période fin de journée

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à $H_{ref} = 10m$ – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	28.6	29.2	30.2	30.6	34.2	34.2	34.5	35.5
	L _{amb}	31.8	32.6	35.1	35.6	39.0	39.0	39.4	40.5
	E	-	-	4.9	5.0	4.8	4.8	4.9	5.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H2 - Gare	L _{res}	28.6	29.2	30.2	30.6	34.2	34.2	34.5	35.5
	L _{amb}	31.8	32.6	35.2	35.5	39.2	39.2	39.5	40.5
	E	-	-	5.0	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H3 - Soulaincourt	L _{res}	31.4	32.8	34.4	32.8	43.4	43.4	43.4	44.1
	L _{amb}	33.7	34.9	38.0	37.1	45.3	45.3	45.4	45.9
	E	-	-	3.6	4.3	1.9	1.9	2.0	1.8
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L _{res}	31.3	33.9	34.1	33.0	50.7	50.7	50.7	51.9
	L _{amb}	31.6	34.1	34.6	33.6	50.7	50.7	50.7	51.9
	E	-	-	-	-	0.0	0.0	0.0	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	33.8	34.6	33.3	33.9	39.6	39.6	39.6	39.6
	L _{amb}	34.2	35.1	34.7	35.1	40.5	40.5	40.6	40.9
	E	-	0.5	-	1.2	0.9	0.9	1.0	1.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L _{res}	27.1	27.8	28.5	30.5	39.7	39.7	39.7	40.6
	L _{amb}	27.6	28.3	29.6	31.5	40.0	40.0	40.0	40.9
	E	-	-	-	-	0.3	0.3	0.3	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberoies-Nord	L _{res}	27.8	29.3	32.6	35.4	45.5	45.5	47.7	51.0
	L _{amb}	31.2	32.5	36.4	39.0	46.3	46.3	48.3	51.3
	E	-	-	3.8	3.6	0.8	0.8	0.6	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberoies-Sud	L _{res}	27.8	29.3	32.6	35.4	45.5	45.5	47.7	51.0
	L _{amb}	31.2	32.4	36.4	39.2	46.4	46.4	48.3	51.3
	E	-	-	3.8	3.8	0.9	0.9	0.6	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	27.4	29.7	31.7	32.9	38.8	38.9	41.1	43.2
	L _{amb}	27.8	30.0	32.2	33.7	39.2	39.2	41.3	43.3
	E	-	-	-	-	0.4	0.3	0.2	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L _{res}	31.5	32.3	32.7	31.8	34.3	34.3	34.3	34.3
	L _{amb}	31.6	32.4	33.1	32.8	35.2	35.2	35.3	35.3
	E	-	-	-	-	0.9	0.9	1.0	1.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 20 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 2

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, le plan d'optimisation de fonctionnement déterminé permettra de respecter les seuils réglementaires.

7.4.3 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 3 – Période cœur de nuit

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à $H_{ref} = 10m$ – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	18.1	19.7	20.9	20.0	24.1	24.1	24.1	24.9
	L _{amb}	29.4	30.4	33.7	33.7	34.5	34.9	34.9	35.0
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H2 - Gare	L _{res}	18.1	19.7	20.9	20.0	24.1	24.1	24.1	24.9
	L _{amb}	29.3	30.4	33.5	33.5	34.2	34.5	34.5	34.5
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H3 - Soulaincourt	L _{res}	26.2	26.9	27.3	27.1	27.7	26.5	28.0	28.3
	L _{amb}	31.3	32.2	34.7	35.0	34.8	34.7	34.9	34.7
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L _{res}	23.3	23.9	24.8	25.8	27.1	25.5	27.3	27.9
	L _{amb}	24.7	25.5	27.2	28.1	28.6	27.9	29.0	29.3
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	29.9	30.1	29.1	28.1	30.2	30.2	30.2	30.2
	L _{amb}	30.9	31.3	31.9	31.2	32.5	32.6	32.6	32.6
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L _{res}	21.3	21.2	23.6	26.4	30.3	33.9	33.9	34.8
	L _{amb}	22.9	23.2	26.4	28.0	31.2	34.5	34.5	35.3
	E	-	-	-	-	-	-	-	0.5
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberoies-Nord	L _{res}	20.5	22.9	25.0	27.7	35.6	39.6	39.6	42.4
	L _{amb}	29.2	30.4	35.0	34.8	38.6	41.9	41.9	43.8
	E	-	-	-	-	3.0	2.3	2.3	1.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberoies-Sud	L _{res}	20.5	22.9	25.0	27.7	35.6	39.6	39.6	42.4
	L _{amb}	29.2	30.4	34.9	34.9	38.6	42.1	42.1	43.9
	E	-	-	-	-	3.0	2.5	2.5	1.5
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	21.3	25.3	27.4	30.1	31.2	31.5	34.9	37.0
	L _{amb}	22.6	26.0	28.7	31.0	32.2	33.0	35.6	37.5
	E	-	-	-	-	-	-	0.7	0.5
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L _{res}	25.5	25.9	26.8	28.2	30.9	30.9	31.7	32.7
	L _{amb}	26.0	26.5	28.2	29.7	32.2	32.6	33.2	33.9
	E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 21 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 3

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, le plan d'optimisation de fonctionnement déterminé permettra de respecter les seuils réglementaires.

7.4.4 Evaluation de l'impact sonore pour la classe homogène 4 – Période fin de nuit

Nom de la ZER – point de calcul	Indicateur	Vitesse de vent sur le site standardisée à $H_{ref} = 10m$ – m/s							
		3	4	5	6	7	8	9	10
H1 - Garde Barrière	L _{res}	37.2	36.9	36.8	37.5	37.0	37.6	37.8	38.1
	L _{amb}	37.8	37.7	39.1	40.5	40.0	40.4	40.7	41.1
	E	0.6	0.8	2.3	3.0	3.0	2.8	2.9	3.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H2 - Gare	L _{res}	37.2	36.9	36.8	37.5	37.0	37.6	37.8	38.1
	L _{amb}	37.8	37.7	39.1	40.5	40.0	40.6	40.8	41.1
	E	0.6	0.8	2.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H3 - Soulaincourt	L _{res}	48.7	50.1	50.1	51.1	51.2	52.4	53.1	53.8
	L _{amb}	48.8	50.2	50.3	51.4	51.5	52.7	53.4	54.0
	E	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H4 - Echenay	L _{res}	50.6	52.4	51.6	51.6	50.7	50.7	50.7	50.7
	L _{amb}	50.6	52.4	51.6	51.6	50.7	50.7	50.7	50.7
	E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H5 - Harméville	L _{res}	45.5	44.9	44.5	44.7	43.8	44.7	44.7	44.8
	L _{amb}	45.5	44.9	44.7	45.0	44.1	45.0	45.0	45.2
	E	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H6 - Bressoncourt	L _{res}	43.6	44.4	40.5	44.6	47.2	47.2	47.6	48.5
	L _{amb}	43.6	44.4	40.6	44.7	47.2	47.2	47.6	48.5
	E	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H7 - Courberoies-Nord	L _{res}	37.0	37.4	36.8	40.1	43.6	43.6	44.6	46.0
	L _{amb}	37.6	38.1	39.0	42.4	44.9	44.8	45.7	46.9
	E	0.6	0.7	2.2	2.3	1.3	1.2	1.1	0.9
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H8 - Courberoies-Sud	L _{res}	37.0	37.4	36.8	40.1	43.6	43.6	44.6	46.0
	L _{amb}	37.6	38.1	38.9	42.4	44.9	44.9	45.7	46.9
	E	0.6	0.7	2.1	2.3	1.3	1.3	1.1	0.9
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H9 - Brouthières	L _{res}	37.0	38.1	36.4	40.2	39.6	41.9	43.2	44.6
	L _{amb}	37.0	38.1	36.6	40.4	39.9	42.1	43.3	44.7
	E	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
H10 - Thonnance-les-Moulins	L _{res}	35.8	35.5	34.0	36.5	38.0	38.0	38.8	39.5
	L _{amb}	35.9	35.6	34.3	36.9	38.4	38.4	39.2	39.8
	E	0.1	0.1	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
	Conformité	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui

Tableau 22 : Résultats prévisionnels pour la classe homogène 4

Interprétations des résultats :

Selon nos estimations et hypothèses retenues, le plan d'optimisation de fonctionnement déterminé permettra de respecter les seuils réglementaires.

7.5 TONALITE MARQUEE

Le modèle d'éolienne retenu ne présente pas de tonalité marquée au sens de l'arrêté du 26 août 2011 comme le montrent le **Tableau 23** et la **Figure 19**.

Fréquence 1/3 octave (Hz)	Niveau sonore non pondéré Lw,i (dBLin)	Moyenne énergétique des 2 bandes inférieures (dB)	Moyenne énergétique des 2 bandes supérieures (dB)	Différence niveau bande centrale – moyenne énergétique des 2 bandes inférieures [A]	Différence niveau bande centrale - moyenne énergétique des 2 bandes supérieures [B]	Seuil à respecter	Conformité / Loi
31.5	72.2	112.5	110.8	-0.9	0.8	[A]<10 ou [B]<10	OUI
40	75.8	111.5	110	-1.1	0.4		OUI
50	80.9	111	108	0.1	3.1		OUI
63	82.2	110.8	108.2	-2.4	0.2		OUI
80	85	110	107.1	-2.5	0.4		OUI
100	89.7	108	103.7	0.8	5.1		OUI
125	88.2	108.2	102.3	-3.9	2		OUI
160	89.5	107.1	101.1	-4.2	1.8		OUI
200	90.8	103.7	101	-2	0.7		OUI
250	91.7	102.3	100.6	-2	-0.3		OUI
315	95	101.1	98.8	0.5	2.8		OUI
400	94.6	101	98.4	-1.6	1	[A]<5 ou [B]<5	OUI
500	94.8	100.6	97.8	-2.6	0.2		OUI
630	96.8	98.8	96.7	-0.1	2		OUI
800	95.9	98.4	96.1	-1.7	0.6		OUI
1000	96.7	97.8	94.8	-1.1	1.9		OUI
1250	96	96.7	93.4	-1.3	2		OUI
1600	95	96.1	91.7	-2.1	2.3		OUI
2000	93.8	94.8	89.4	-2.2	3.2		OUI
2500	91.8	93.4	86.4	-2.9	4.1		OUI
3150	89.1	91.7	82.5	-3.8	5.4		OUI
4000	85.1	89.4	80	-5.3	4.1		OUI
5000	80.3	86.4	79.8	-6.6	0		OUI
6300	80.1	82.5	78.1	-2.3	2.1		OUI
8000	78.2	80	73.5	-0.7	5.8		OUI

Tableau 23 : Spectre par 1/3 d'octave non pondéré de l'éolienne N149-4.5MW et critère de tonalité marquée au sens de l'arrêté du 26 août 2011 (référence à l'arrêté du 23/01/1997)

On rappelle qu'il y a tonalité marquée si les 2 conditions ci-dessous sont vérifiées :

- Les deux différences [A] et [B] sont positives ;
- Ces deux différences égalent ou dépassent les valeurs indiquées dans le tableau, soit 10dB pour les fréquences basses à moyennes (50-315Hz), 5dB pour les fréquences moyennes à aigües (400Hz-8kHz).

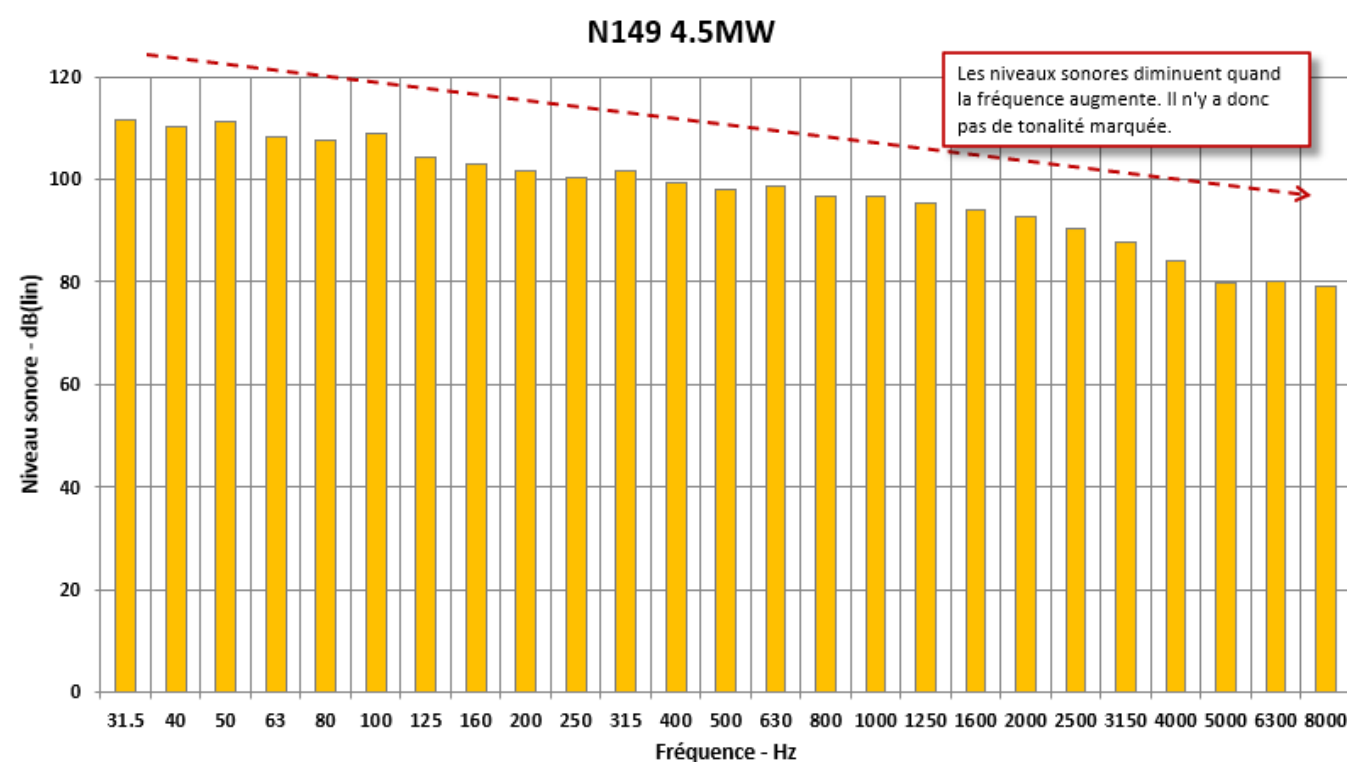


Figure 19 : Spectre de 1/3 d'octave non pondéré pour l'éolienne N149-4.5MW

7.6 BRUIT AMBIANT EN LIMITE DU PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT DE L'INSTALLATION

L'arrêté du 26 août 2011 (référence à l'arrêté du 23/01/1997) [1] impose une valeur maximale de bruit ambiant à respecter en limite de périmètre de mesure du bruit de l'installation, pour chacune des périodes cœur de jour, fin de jour, cœur de nuit et fin de nuit (voir paragraphe 3.3).

Afin d'évaluer le bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation, Q ENERGY FRANCE a adopté la méthodologie suivante :

- Déterminer le périmètre de mesure du bruit de l'installation tel que défini dans l'arrêté du 26 août 2011 [1] - 2.1 Définitions, Formule 1 ;
- Evaluer les isophones du bruit généré par le parc éolien, en considérant un fonctionnement des éoliennes du modèle envisagé en mode de production maximale (i.e. émettant une puissance sonore maximale) ;
- Estimer le bruit ambiant en supposant un bruit résiduel forfaitaire maximum de 58dB(A) sur l'ensemble du site éolien ;
- Vérifier que le bruit ambiant en limite du périmètre de mesure du bruit de l'installation est inférieur au seuil nocturne de 60dB(A), ce qui représente le cas le plus contraignant (le jour la limite est fixée à 70dB(A)).

Le choix d'un bruit résiduel forfaitaire de 58dB(A) apparaît clairement conservateur. En effet, au regard des valeurs de bruit résiduel nocturne obtenues aux points de mesures dans les ZER autour du projet, mais aussi compte tenu des niveaux de bruit résiduel couramment observés par les acousticiens, il semble assez peu probable qu'un tel niveau sonore soit mesuré de nuit sur le périmètre de mesure du bruit du projet éolien de Côte Moret.

Pour le projet éolien de Côte Moret, les machines envisagées présentent une hauteur totale de 180m, ainsi le périmètre de mesure du bruit de l'installation a été déterminé en considérant 1.2 x 180 m soit 216m autour des éoliennes.

La Figure 20 présente le projet éolien étudié, le périmètre de mesure du bruit de ce projet ainsi que trois isophones de bruit ambiant.

Comme on peut le constater, sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation, pour un niveau sonore résiduel forfaitaire de 58dB(A), le bruit ambiant est compris entre 58.4dB(A) et 58.6dB(A), ce qui est bien inférieur au seuil nocturne de 60dB(A).

Le parc éolien de Côte Moret respectera donc les limites diurnes et nocturnes du bruit ambiant sur son périmètre de mesure du bruit.



Figure 20 : Périmètre de mesure du bruit du parc éolien et bruit ambiant

7.7 ANALYSE DES EFFETS ACOUSTIQUES CUMULES AVEC UN PROJET VOISIN

Cette section aborde l'impact cumulé du projet de Côte Moret avec les projets voisins :

- Le parc éolien Les Hauts-Pays – Le Mont Doré, composé de 11 éoliennes Senvion MM92HH100-2.05MW, au nord-ouest et au sud du projet de Côte Moret, mis en service en 2010, exploité par FEIH/Predica.
- Le parc éolien Les Hauts-Pays – Le Haut Mont, composé de 15 éoliennes Senvion MM92HH100-2.05MW, au sud-ouest du projet de Côte Moret, mis en service en 2010, exploité par Erelia.
- Le projet éolien de Combe Rougeux, composé de 4 éoliennes de 165m, au sud-ouest de Côte Moret, développé par Futures Energies Pays du Barrois, autorisé le 5 juillet 2018.
- Le projet éolien de Moulinet, composé de 12 éoliennes de 180, 165, 150 et 138.5m à l'ouest du projet de Côte Moret, développé par Ventelys, ayant obtenu un avis MRAe le 1^{er} aout 2024.

Les parcs éoliens Les Hauts-Pays – Le Mont Doré et Les Hauts-Pays – Le Haut Mont ont été construits en 2010. Ainsi, les mesures acoustiques réalisées dans le cadre de l'étude d'impact du projet éolien de Côte Moret ayant eu lieu entre le 19/04 et le 31/05/2023, le bruit engendré par ces parcs éoliens a été pris en compte dans la mesure du bruit résiduel constituant l'état initial.

Les ZER présentées dans ce rapport pour l'analyse du projet de Côte Moret ne sont pas toutes concernées par un éventuel effet d'impact acoustique cumulé. Les ZER suivantes, qui sont situées aux plus proches des parcs éoliens, à moins de 2 km, pourraient être concernées par un éventuel effet cumulé :

ZER	Distance à l'éolienne la plus proche				
	Côte Moret	Hauts-Pays Mont Doré	Hauts-Pays Haut Mont	Combe Rougeux	Moulinet
ZER Garde Barrière	625	> 2 km	1924	> 2 km	1460
ZER Gare	624	> 2 km	> 2 km	> 2 km	1440
ZER Soulaincourt	620	> 2 km	> 2 km	> 2 km	1423
ZER Courberiois	710	> 2 km	851	> 2 km	> 2 km
ZER Brouthières	1970	> 2 km	1496	> 2 km	> 2 km
ZER Diemont	1920	> 2 km	> 2 km	> 2 km	1858

Tableau 24 : ZER susceptibles d'être impactées par des effets cumulés de notre projet avec un projet voisin en instruction

Toutes ces ZER ont été étudiées précédemment dans ce rapport et les critères réglementaires y sont respectés.

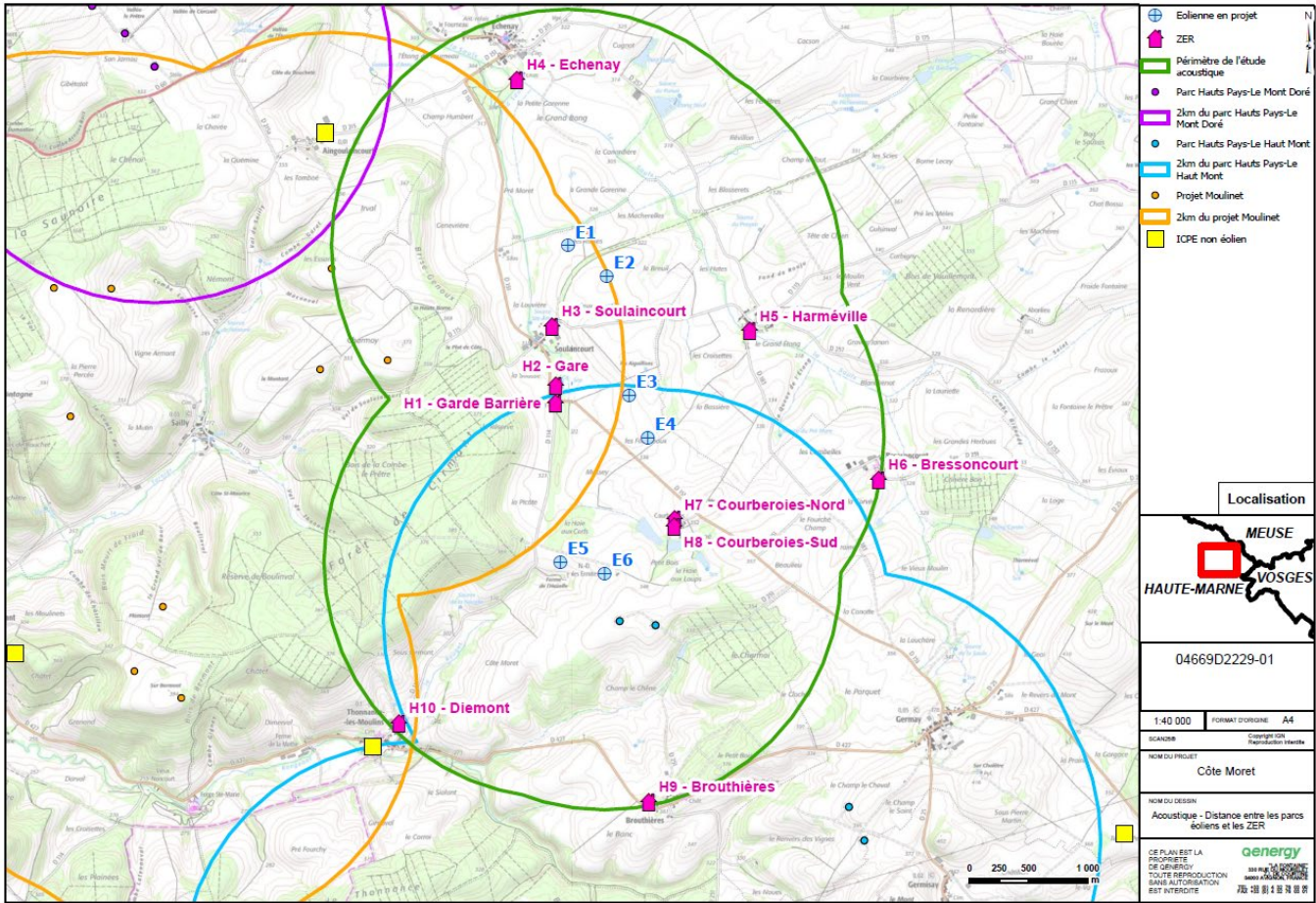


Figure 21 : Périmètre de 2km autour des parcs autour du projet de Côte Moret (le projet de Combe Rougeux est trop loin pour apparaître sur la carte)

On recense également 4 installations ICPE, hors parc éolien, dans les 5km autour du projet de Côte Moret :

- GAEC du Poirier Saint Remy, inscrit en ICPE depuis au moins 08/2013
- Treferies Jacquemin Cornibert, inscrit en ICPE depuis au moins 03/2013
- VIVESCA Soulaincourt, inscrit en ICPE depuis au moins 09/2017
- EMC2 – GERMAY, inscrit ICPE depuis au moins 08/2012

Toutes ces installations étaient en service au moment de la campagne de mesures acoustiques. Leur fonctionnement a donc été pris en compte dans les bruits résiduels.

8 CONCLUSION

Le parc éolien de Côte Moret respecte les critères acoustiques définis dans l'arrêté du 26 août 2011 [1]. On rappelle que :

- Les émergences sont respectées au niveau de toutes les zones à émergence réglementée concernées par le parc éolien étudié, aussi bien en période nocturne qu'en période diurne ;
- Les niveaux sonores émis par le parc éolien, estimés à l'aide du logiciel basé sur la norme ISO 9613-2, sont conservateurs. En effet, les paramètres ont été choisis pour favoriser la propagation sonore et tous les calculs d'émergence ont été réalisés à l'extérieur de chaque ZER, en champ libre de propagation sonore, dans des conditions où chaque ZER se trouve toujours sous le vent de toutes les éoliennes du parc ;
- Le critère de tonalité marquée est vérifié et conforme pour le modèle de machine retenu dans cette étude, au sens de l'article 1.9 de l'arrêté du 23 janvier 1997 et selon la norme NF S 31 010 ;
- Le critère de limite du bruit ambiant sur le périmètre de mesure du bruit de l'installation est vérifié : les limites diurnes et nocturnes seront bien respectées. A noter que ce critère peut faire l'objet d'un contrôle, s'il est demandé par la police des installations classées, après la mise en service industrielle du parc éolien, objet de cette étude.

Nous rappelons que le modèle d'éolienne finalement retenu après consultation des constructeurs, s'il différerait de celui présenté dans ce rapport, permettrait de respecter les critères acoustiques définis dans l'arrêté du 26 août 2011.

Enfin, conformément à l'arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011, le parc éolien fera l'objet d'un contrôle acoustique dans les douze mois qui suivent sa mise en service industrielle afin de s'assurer de sa conformité.

9 AUTEURS

Cette étude a été élaborée par **Q ENERGY FRANCE**, pour le compte de la CEPE Côte Moret société porteuse du projet. Les collaborateurs impliqués dans la rédaction de cette étude sont :

- Cécile Camelin, Ingénieure Bureau d'Etudes, en charge de l'analyse des spécificités techniques du projet
- Victor Donnet, Expert technique chez Q ENERGY FRANCE, en charge de la Méthodologie.

10 RÉFÉRENCES

10.1 LEGISLATIVES

- [1] Arrêté du 26 août 2011 Modifié par Arrêté du 10 décembre 2021 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 26/08/2011 modifié par NOR : TREP2136555A, 10/12/2021.
- [2] Décret no 2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées, NOR : DEVP1115321D, 25/08/2011.
- [3] 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

- [4] Critère de l'Organisation Mondiale de la Santé, 1980, Le Bruit Environnemental, article 12

10.2 NORMATIVES

- [5] « Wind Turbine Generator Systems, Part 11, Acoustic Noise Measurement Techniques », IEC 61400-11: 2003 – Amendment n°1, 17/08/2006.
- [6] « Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement – instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée », Norme NFS 31-010, 12/1996.
- [7] « Mesurage du bruit dans l'environnement avec et sans activité éolienne », Norme NFS 31-114, projet du 07/07/2011 envoyé à la DGPR (version 3).
- [8] « Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors, part 2 General method of calculation » ISO 9613-2:1996.

10.3 SCIENTIFIQUES

- [9] « Development of a Wind Farm Noise Propagation Prediction Model », Bass J.H., Bullmore A.J. & Sloth E. Final report, Contract JOR3-CT95-0051, European Commission, 1998.
- [10] « Development of a Wind Farm Noise Propagation Prediction Model », Bass J.H., Bullmore A.J. & Sloth E. Final report, Contract JOR3-CT95-0051, European Commission, 1998.
- [11] « Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes », Agence Française de la Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, Saisine n°2006/005, mars 2008.
- [12] « Les éoliennes et l'infrason », HGC engineering, rapport soumis à la CanWEA, 26 novembre 2006.
- [13] *South Australian Environment Protection Authority (EPA)*, rapport de Resonate Acoustics "Infrasound levels near windfarms", Janvier 2013
- [14] "Evaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éolien", ANSES, 2017.
- [15] « Prediction and Assessment of Wind Turbine Noise », Acoustic Bulletin Vol 34 n°2, Mars-Avril 2009.
- [16] « Sonomètres », Commission Electrotechnique Internationale, CEI 60651, 1/01/1979 et amendements, 21/09/1993, 13/10/2000 et 25/10/2001.

ANNEXES

Annexe 1 EVOLUTION DU NIVEAU SONORE RESIDUEL EN FONCTION DE LA VITESSE DU VENT SUR SITE

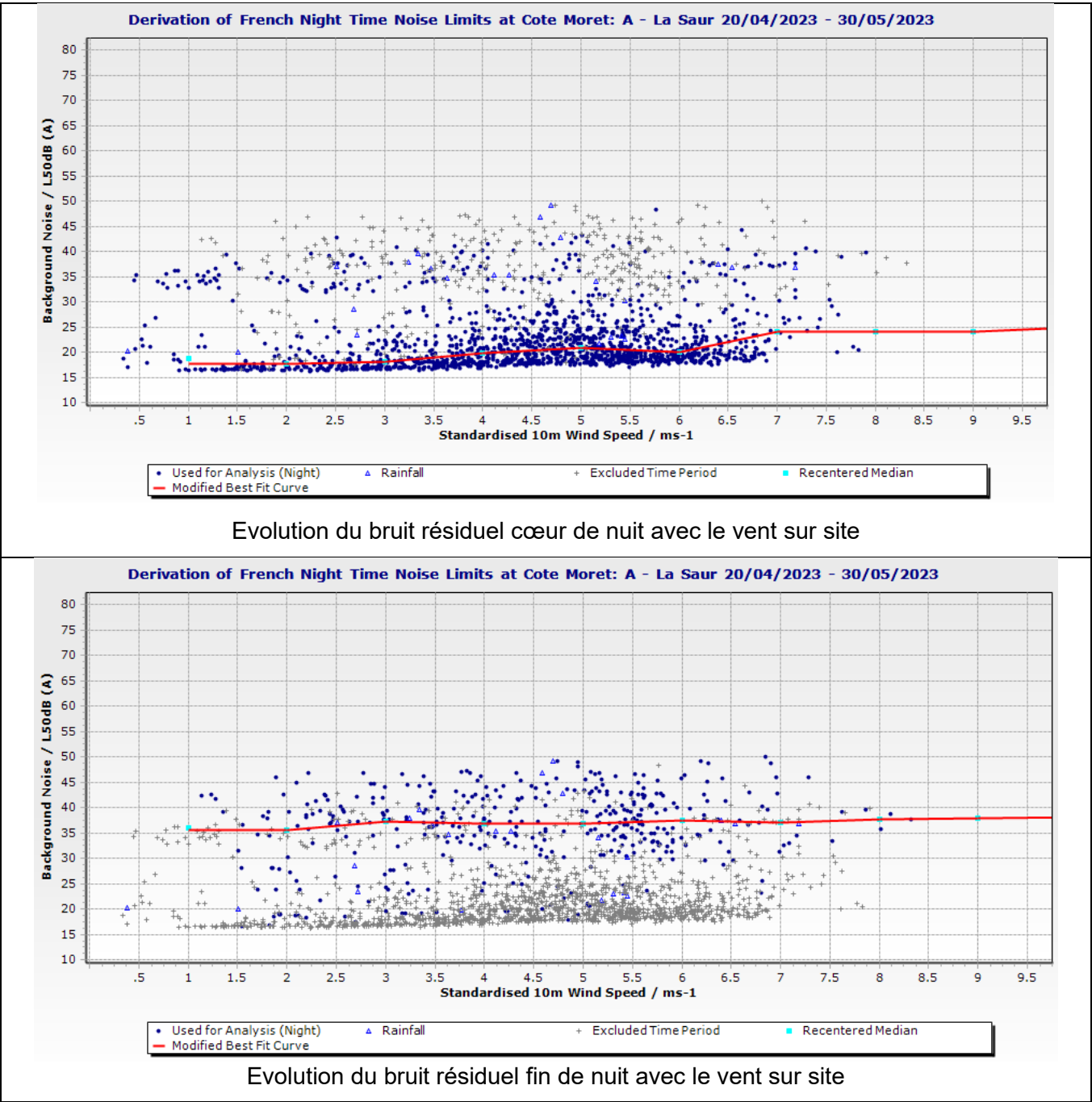
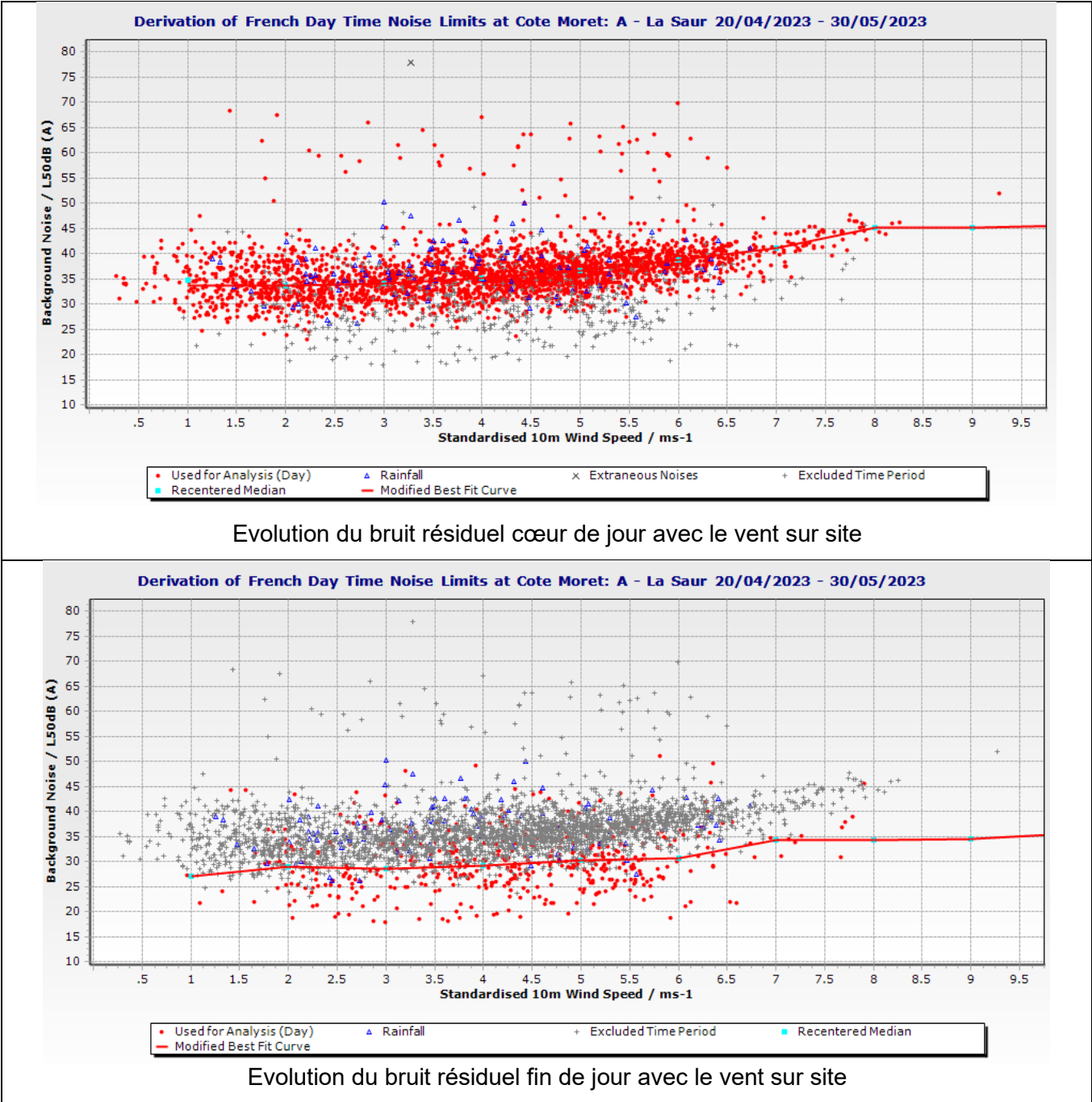


Figure 22 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour les ZER Garde Barrière et Gare (Point de mesure A - La Saur)

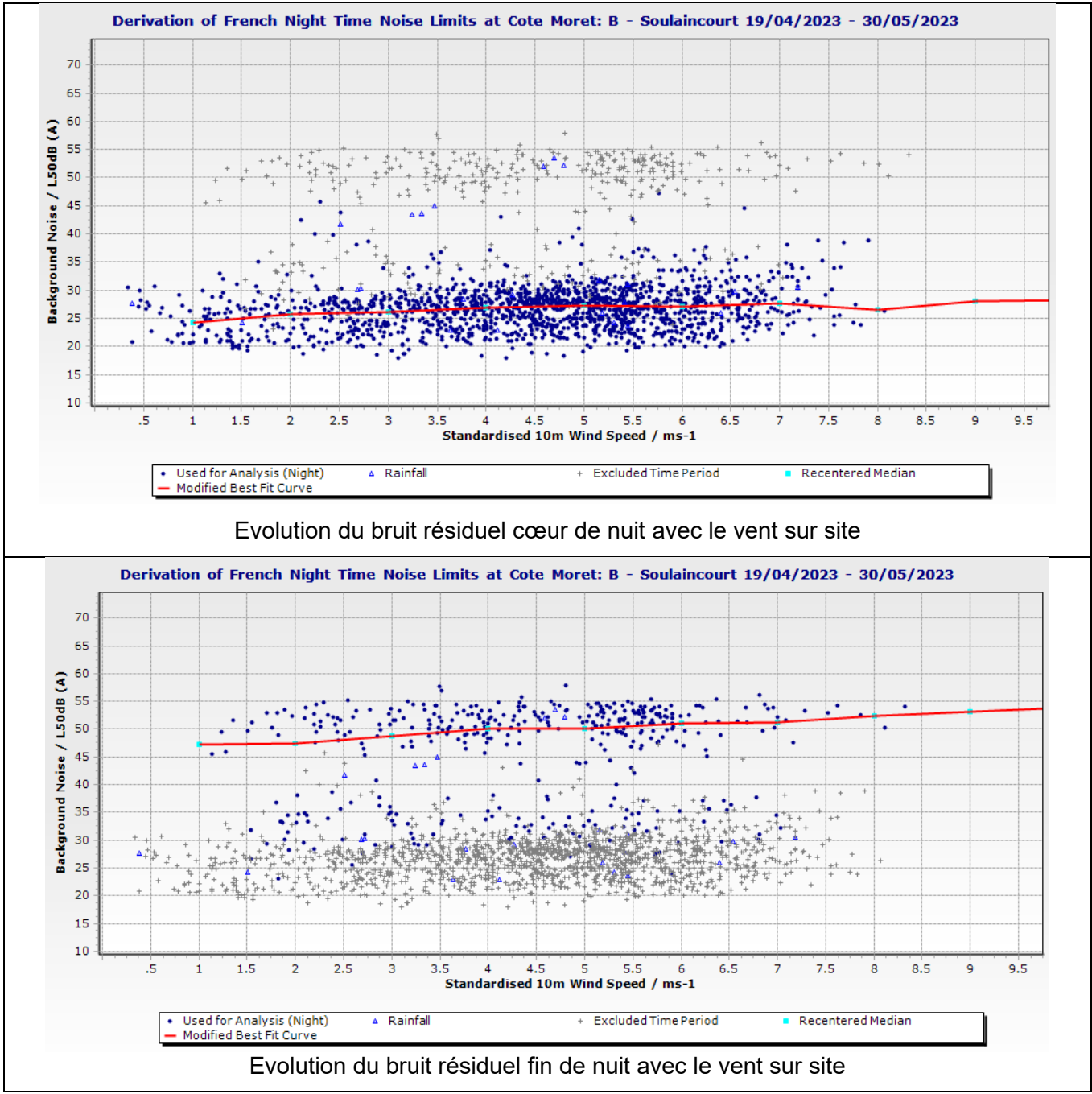
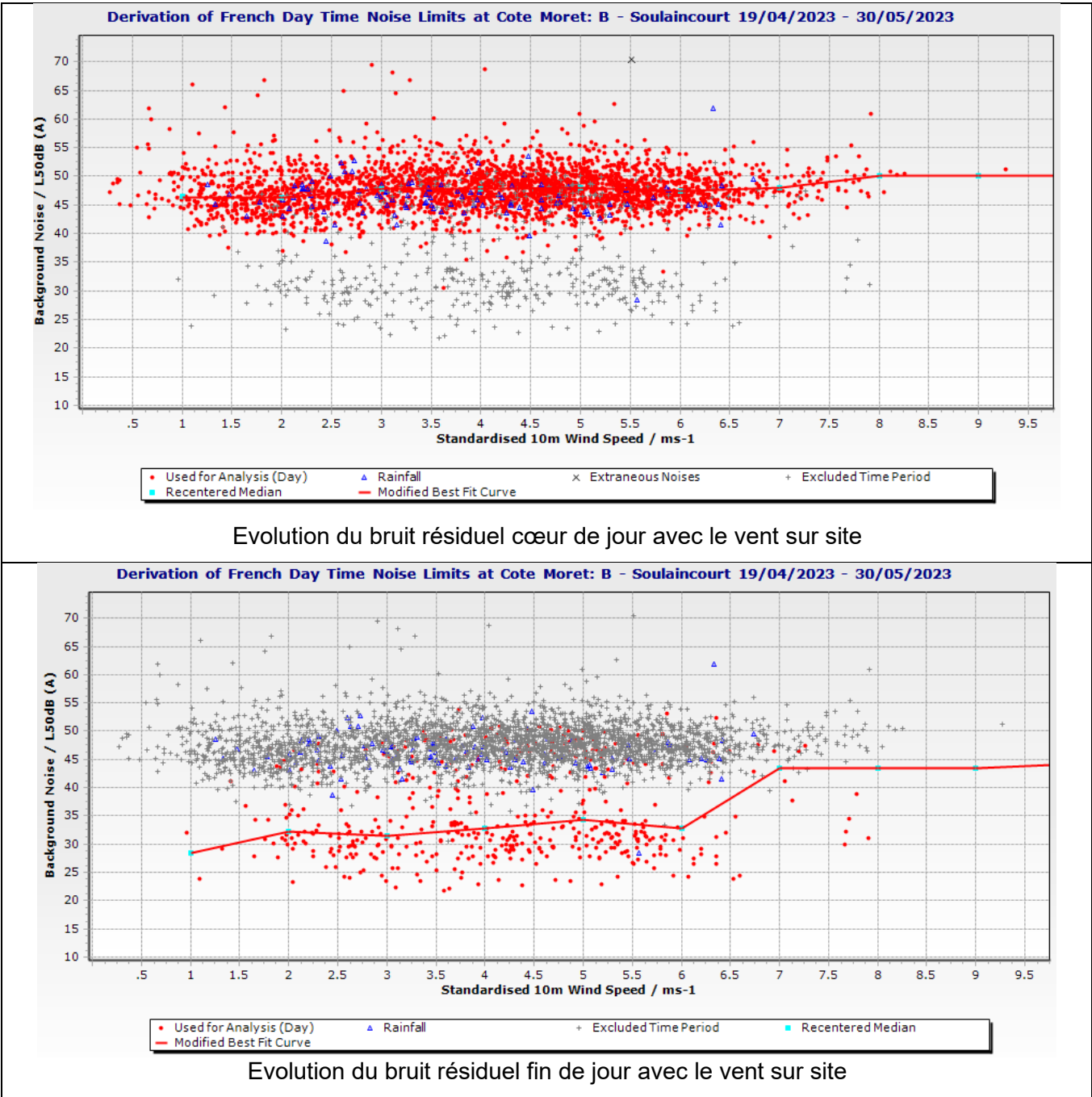


Figure 23 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Soulaincourt (Point de mesure B - Soulaincourt)

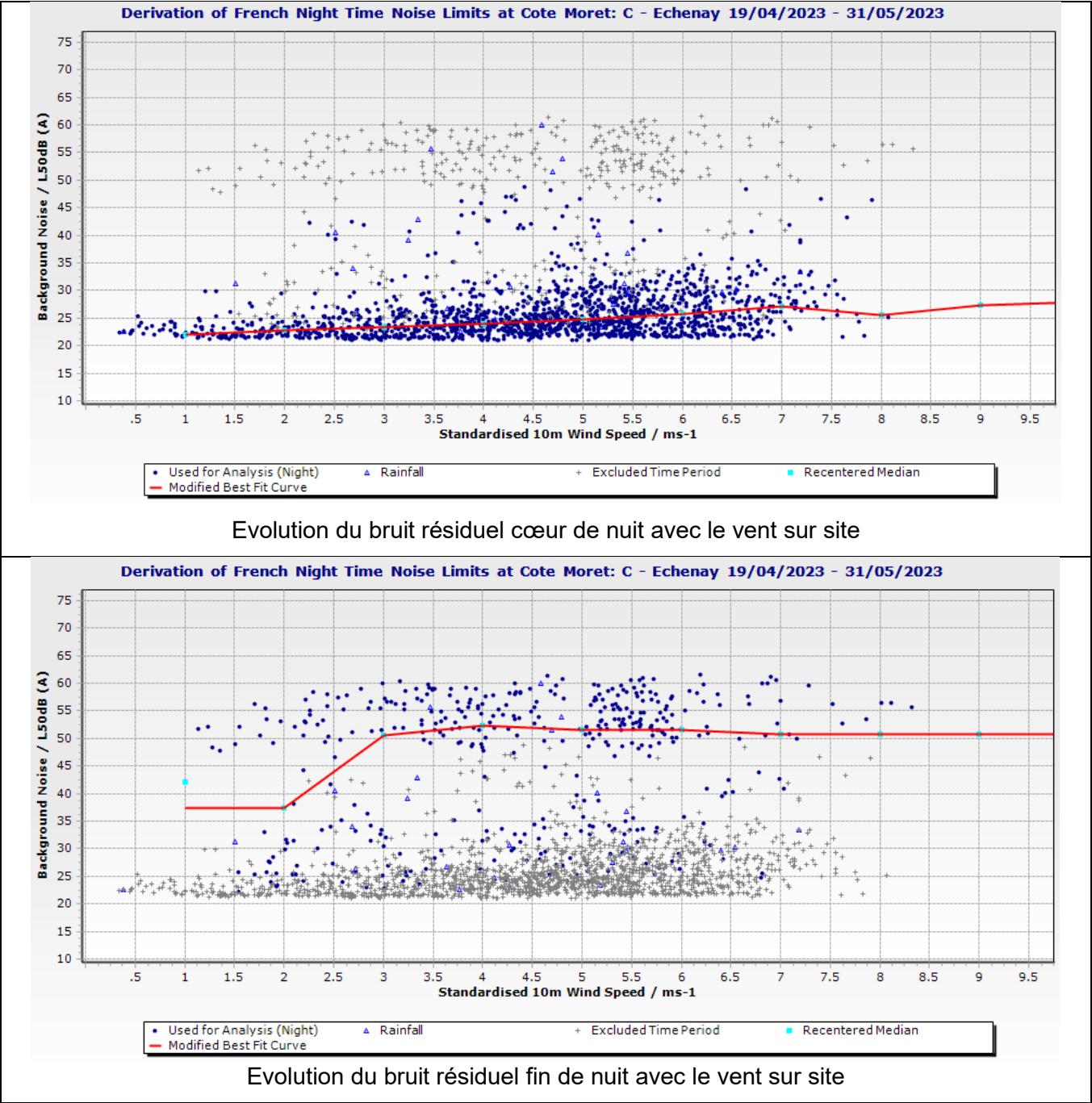
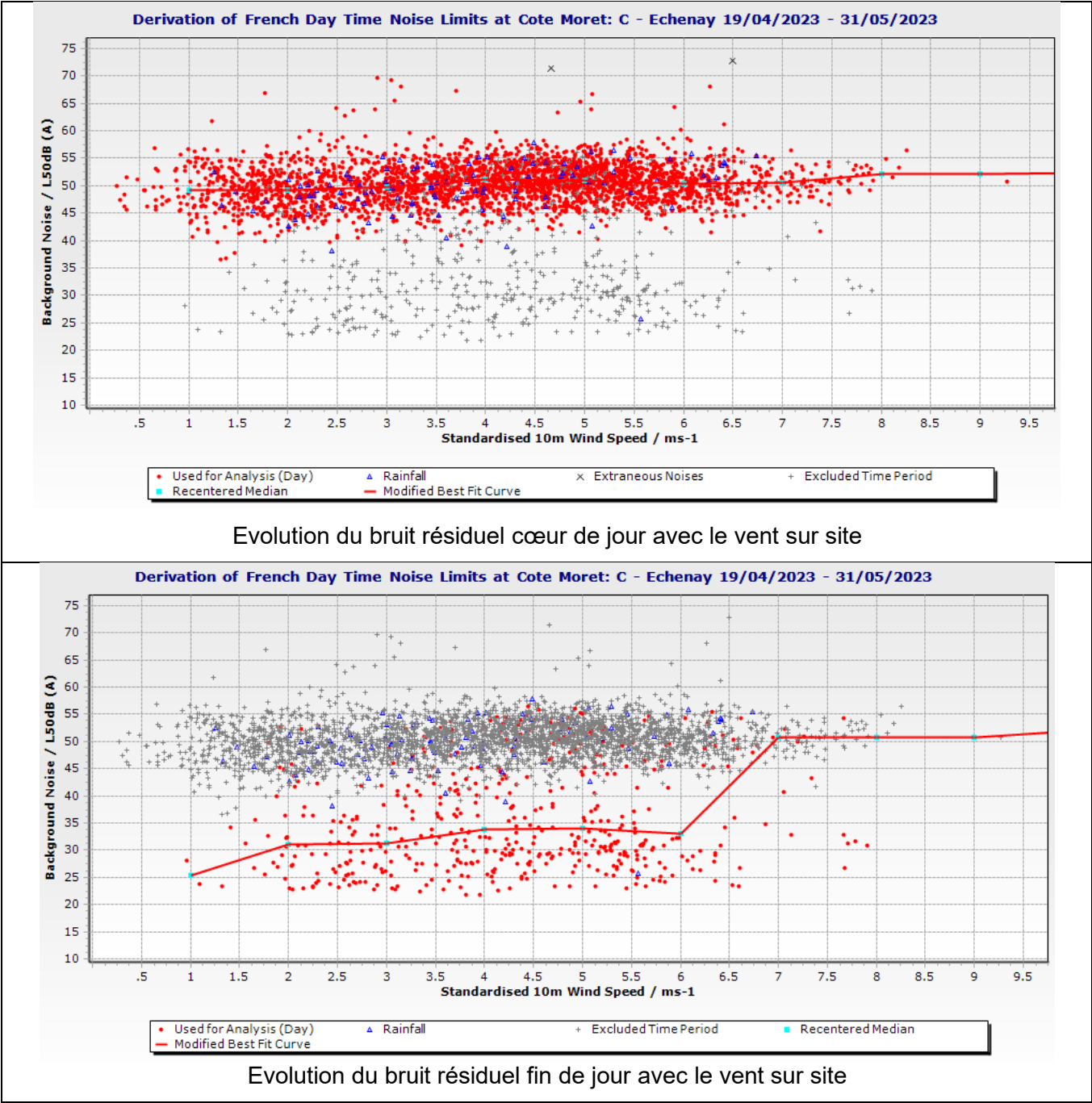
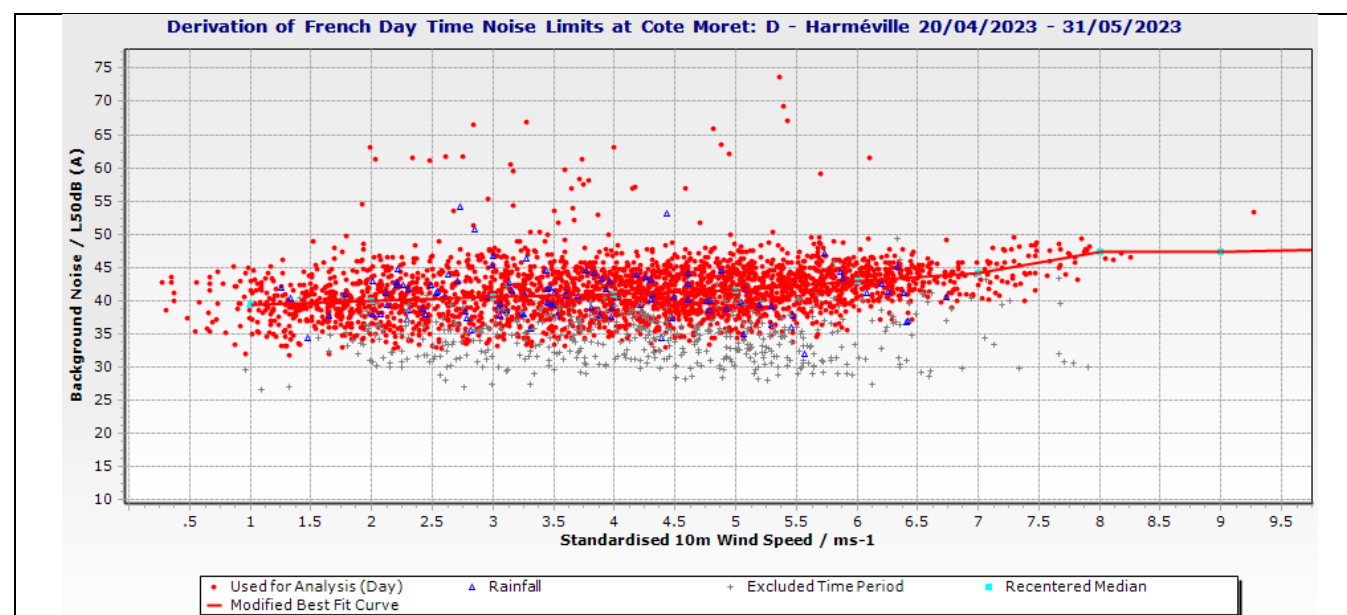
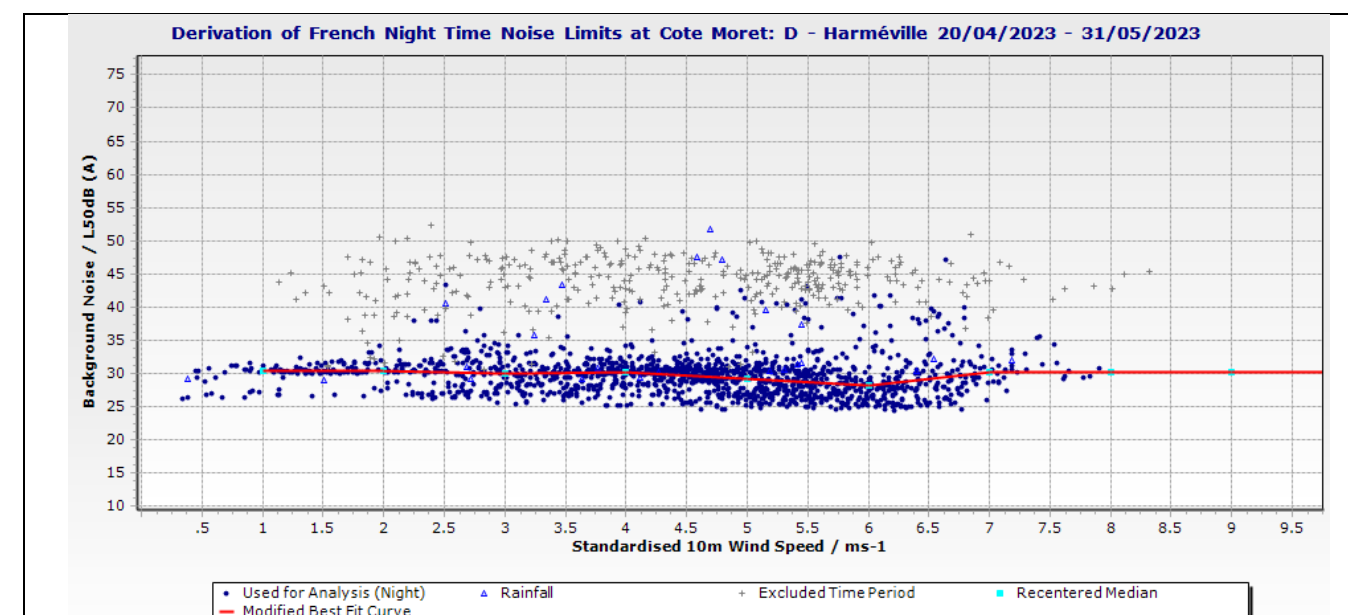


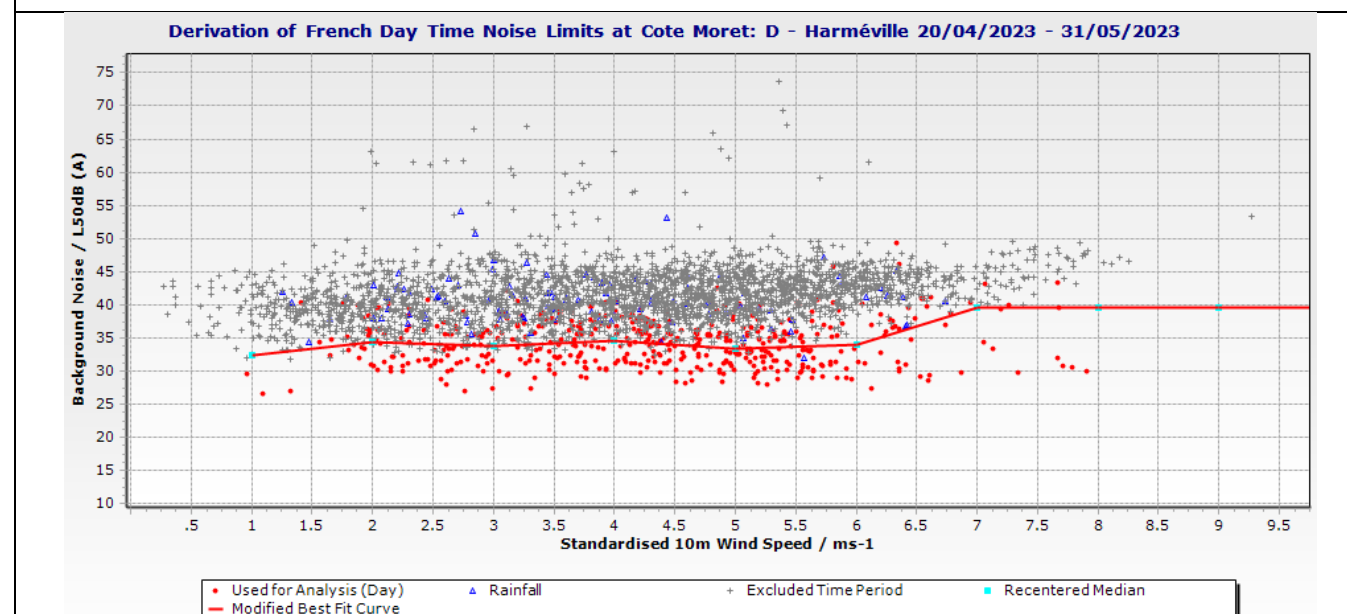
Figure 24 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER d'Echenay (Point de mesure C - Echenay)



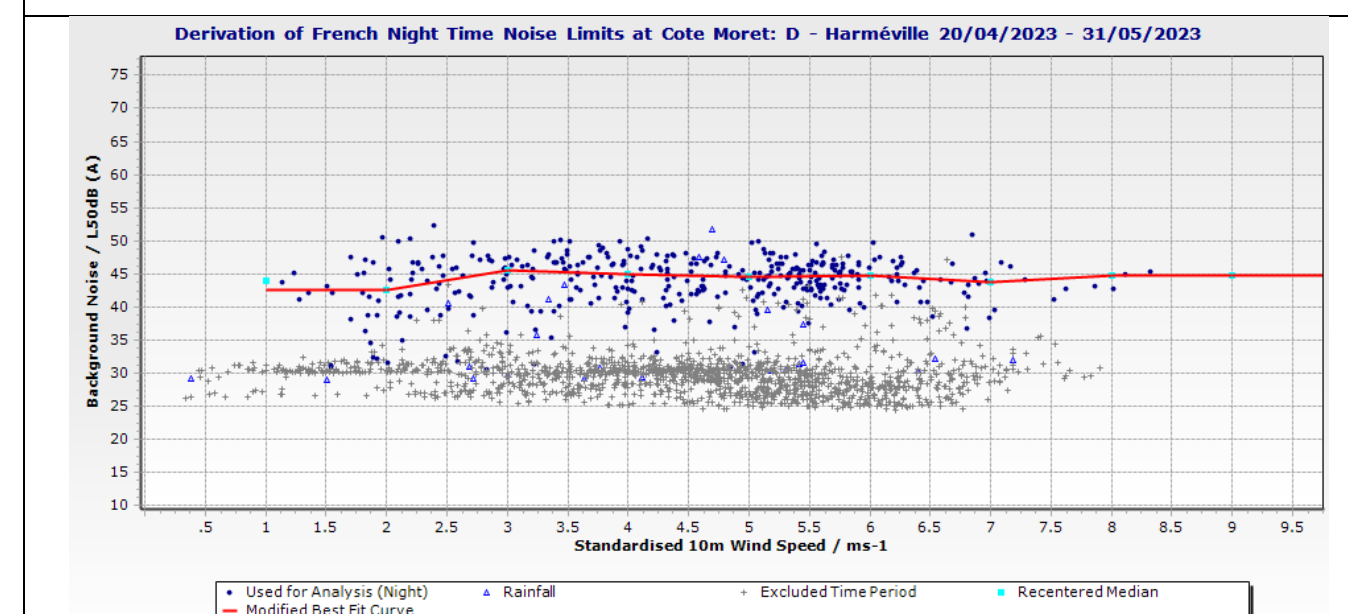
Evolution du bruit résiduel cœur de jour avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel cœur de nuit avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel fin de jour avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel fin de nuit avec le vent sur site

Figure 25 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Harméville (Point de mesure D - Harméville)

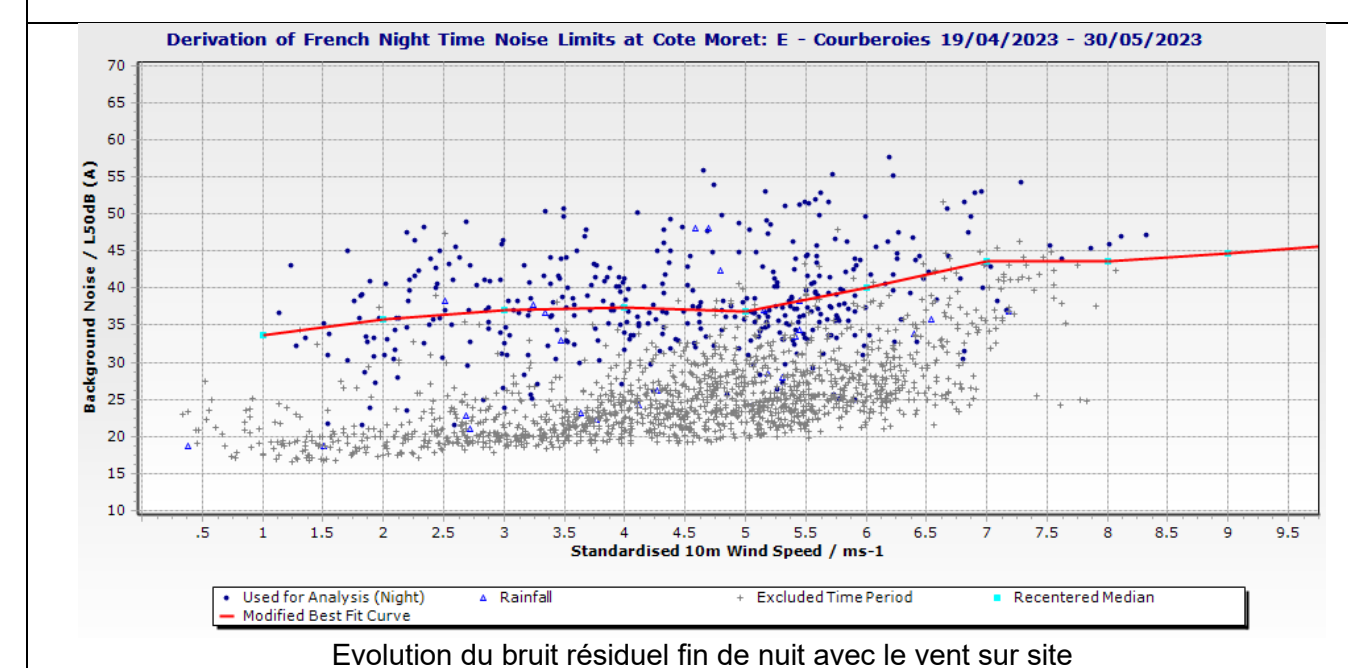
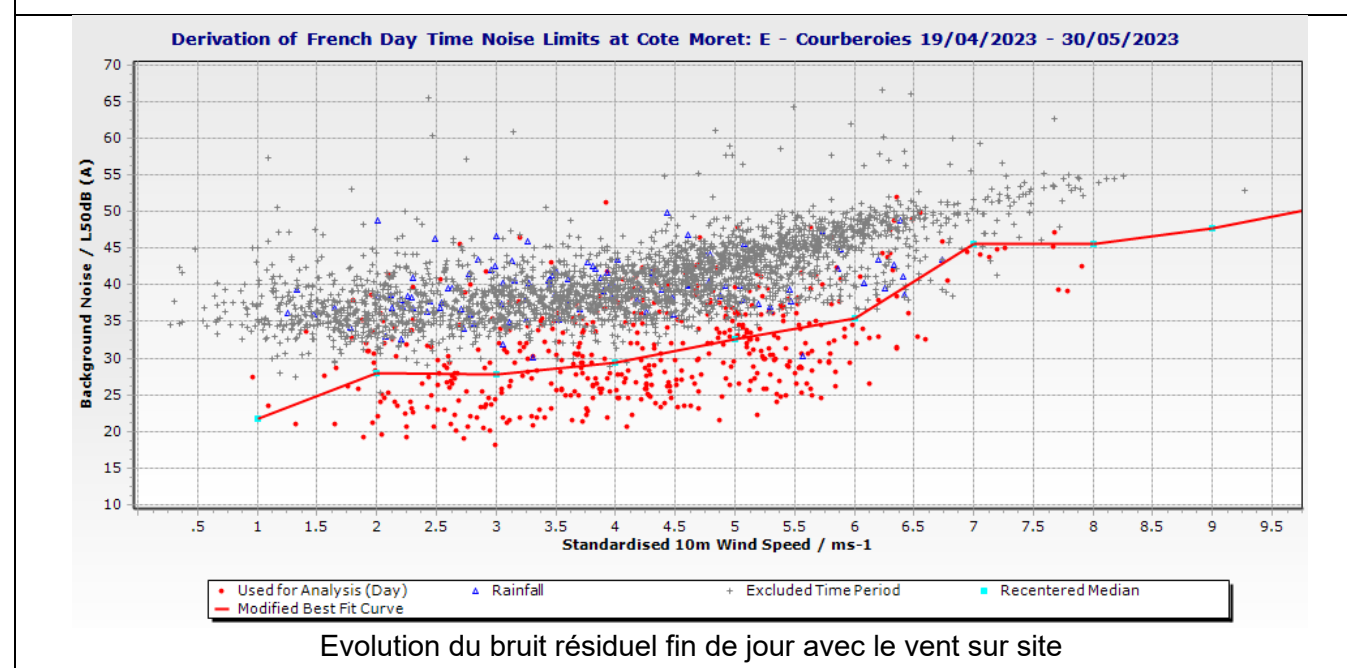
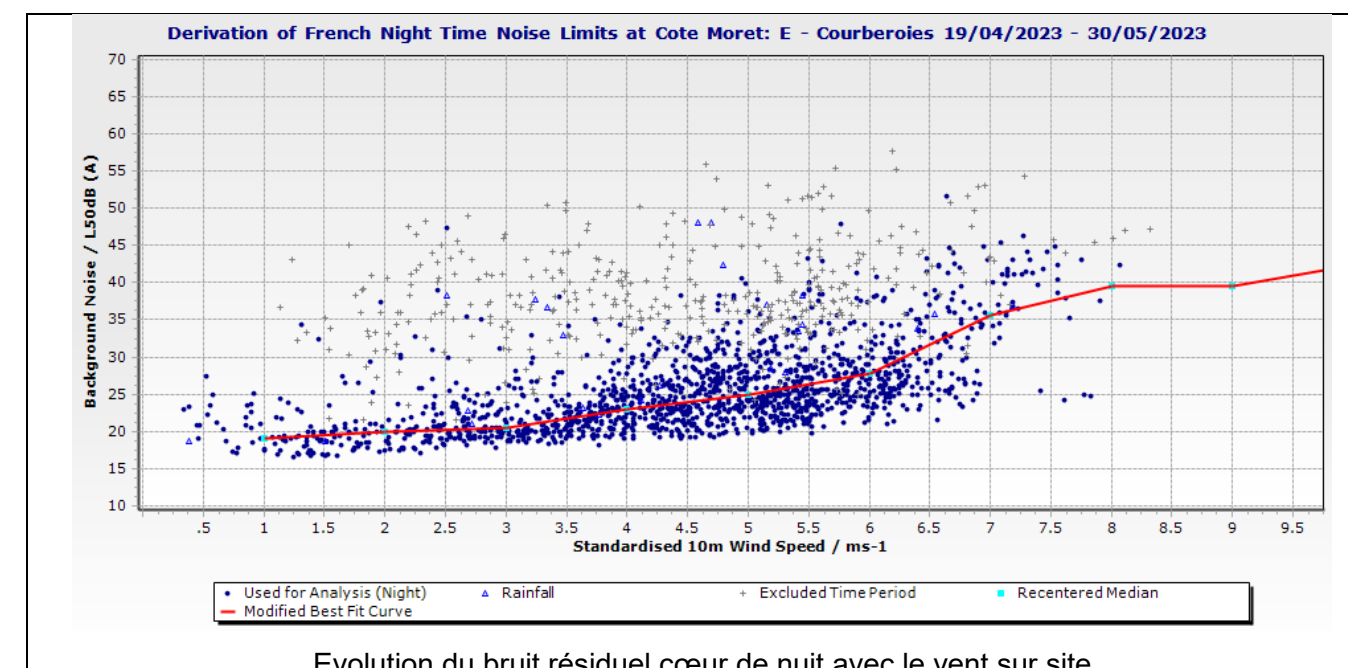
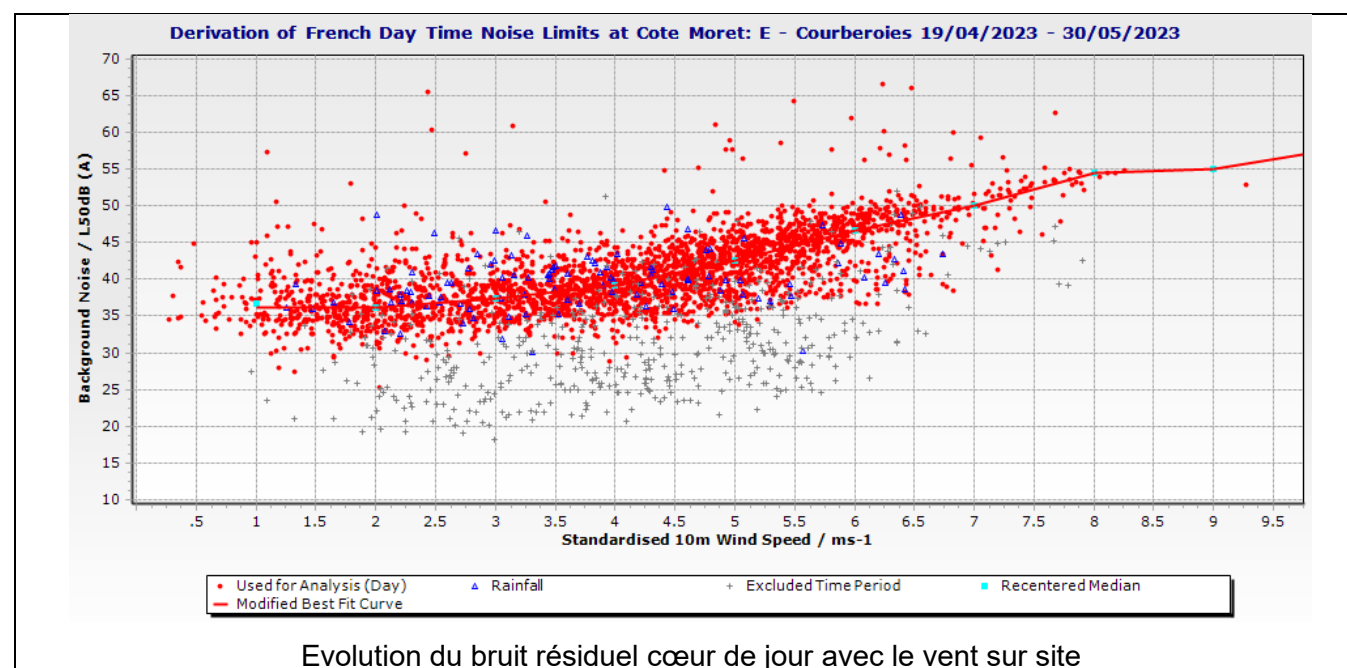


Figure 26 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Courberioies (Point de mesure E - Courbevoies)

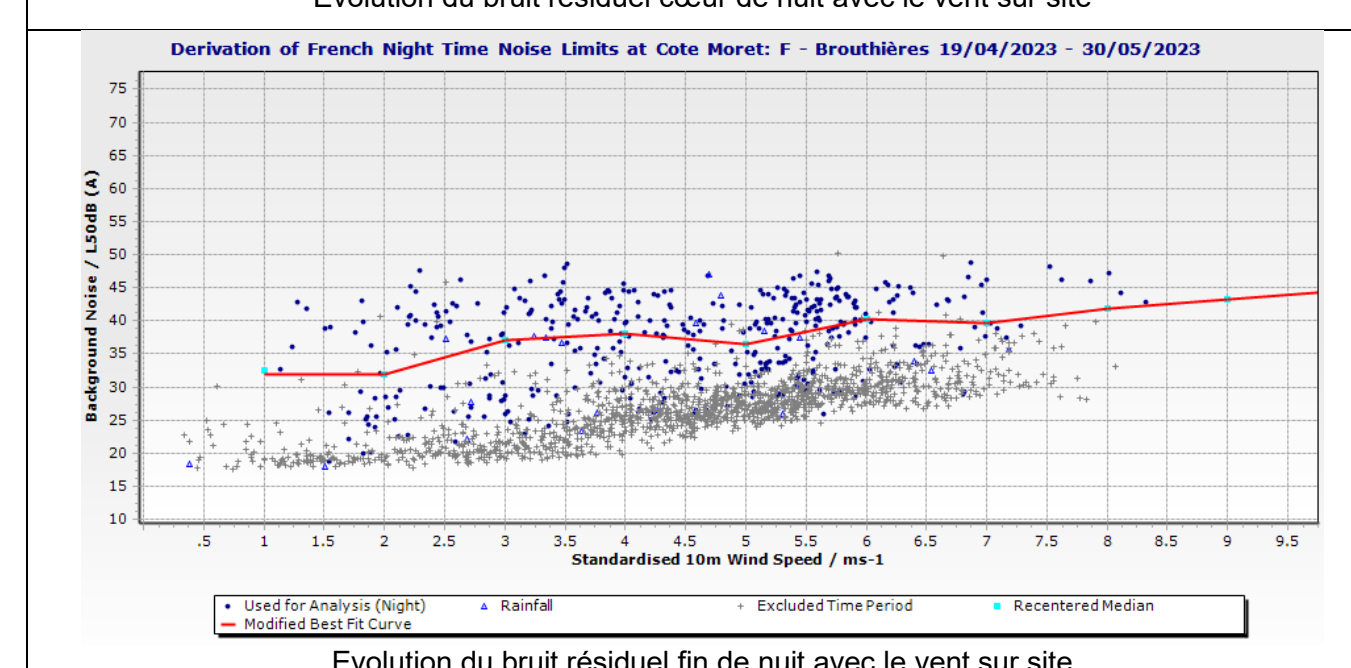
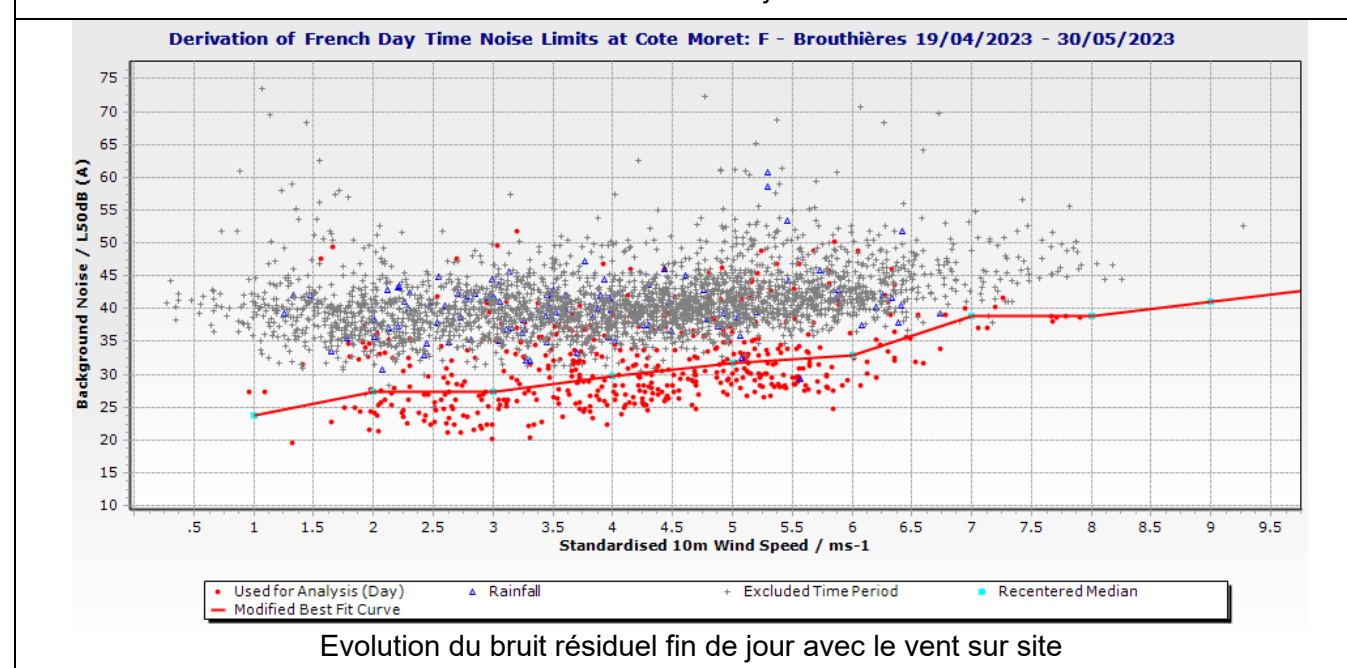
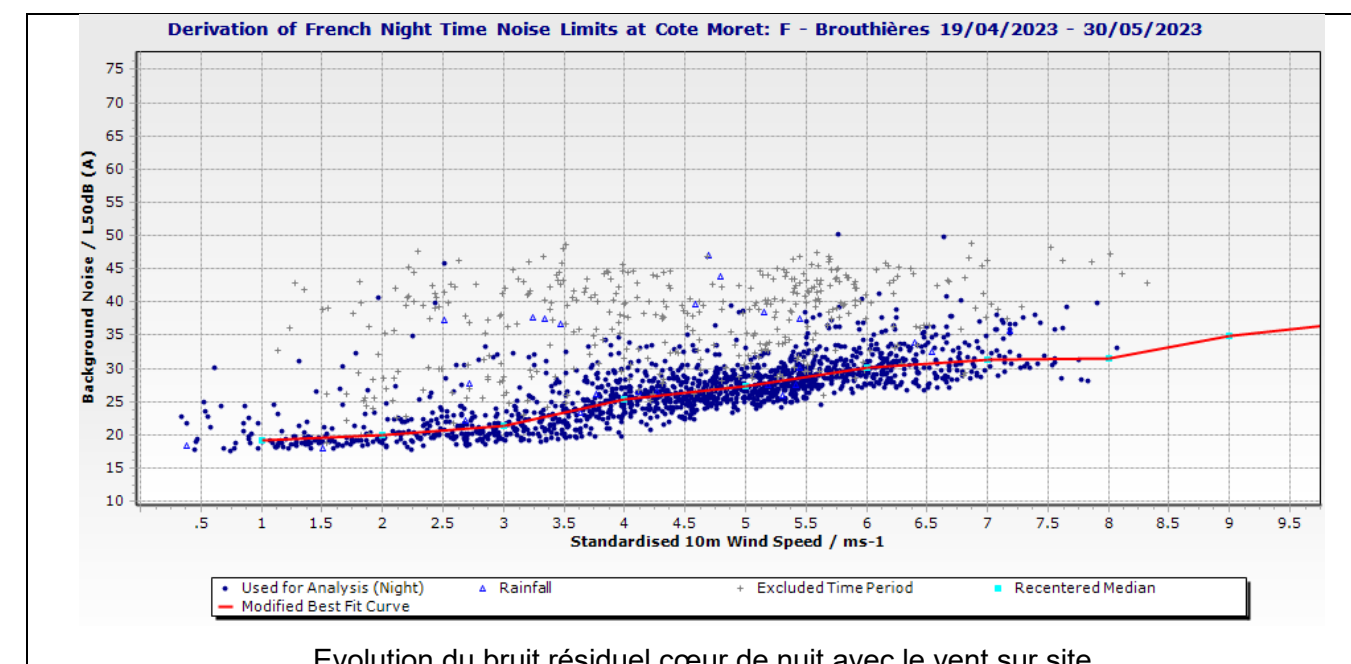
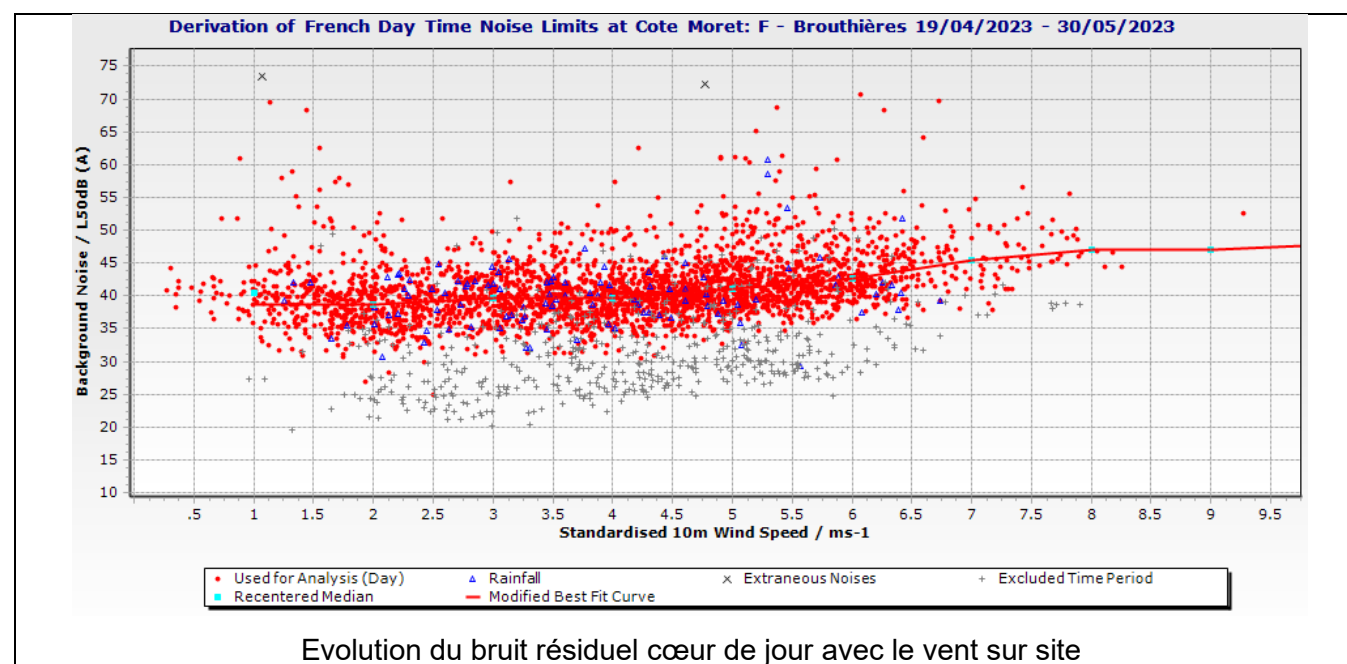


Figure 27 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Brouthières (Point de mesure F - Brouthières)

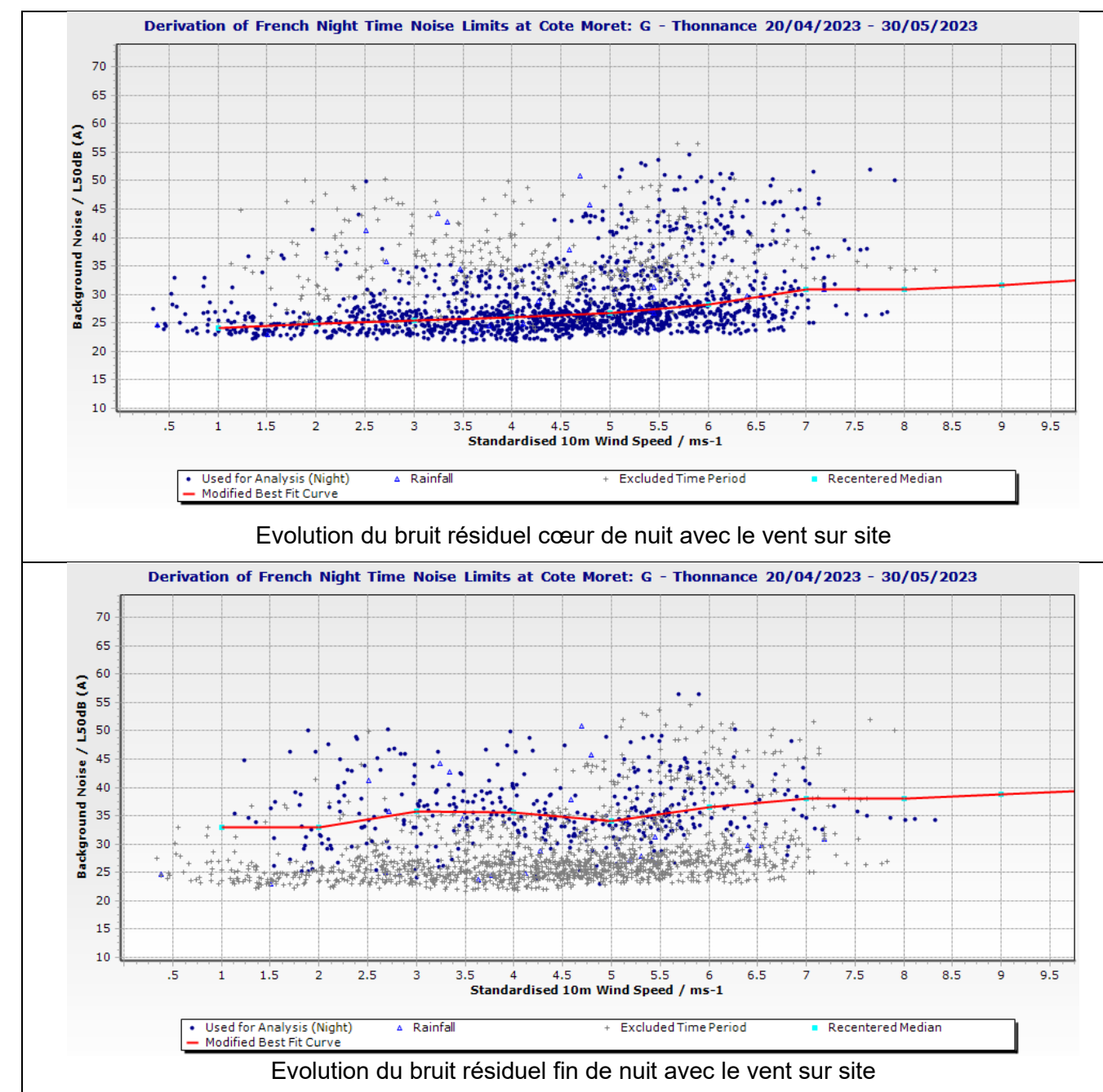
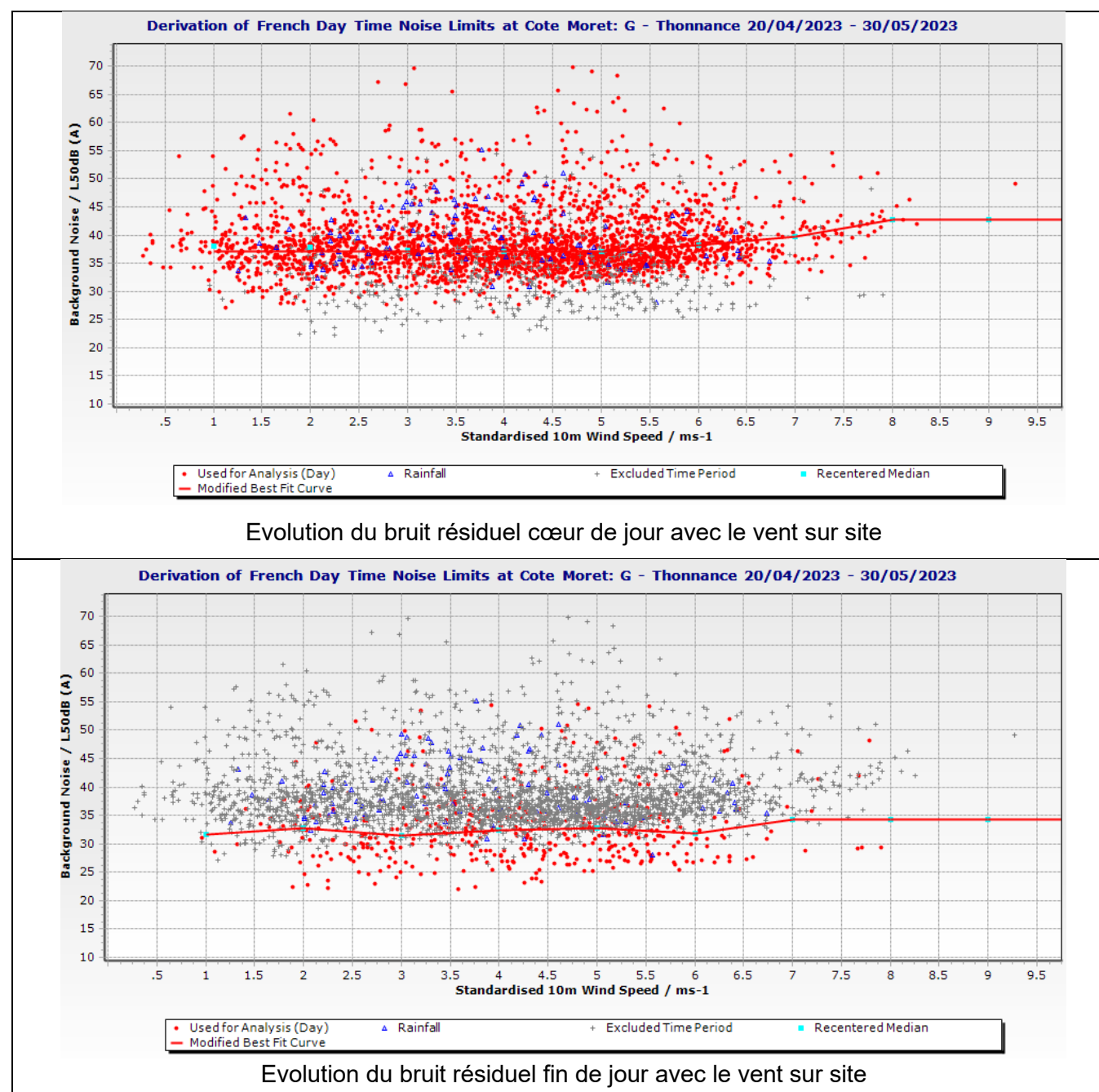
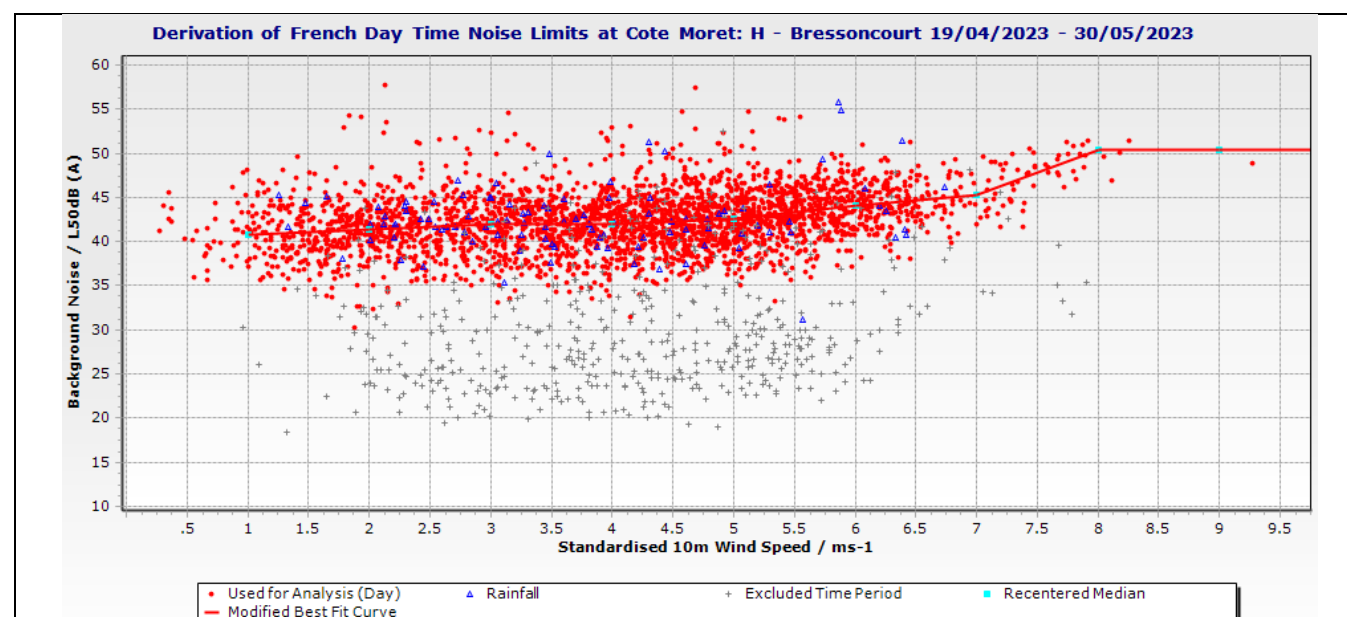
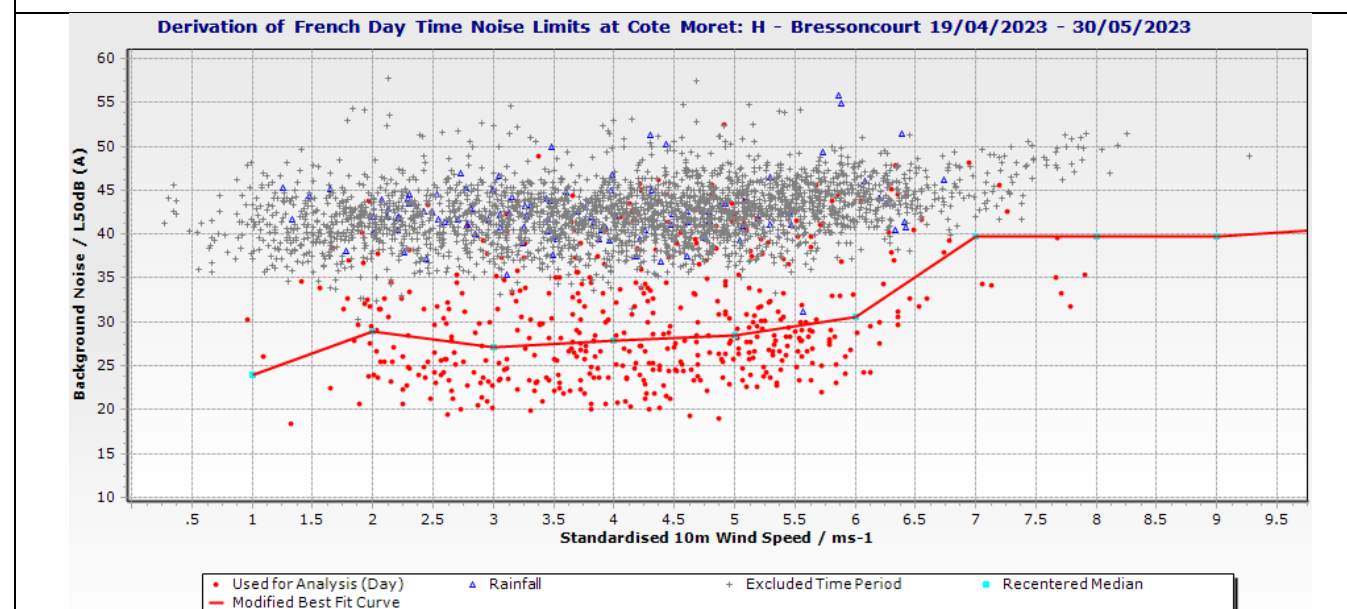


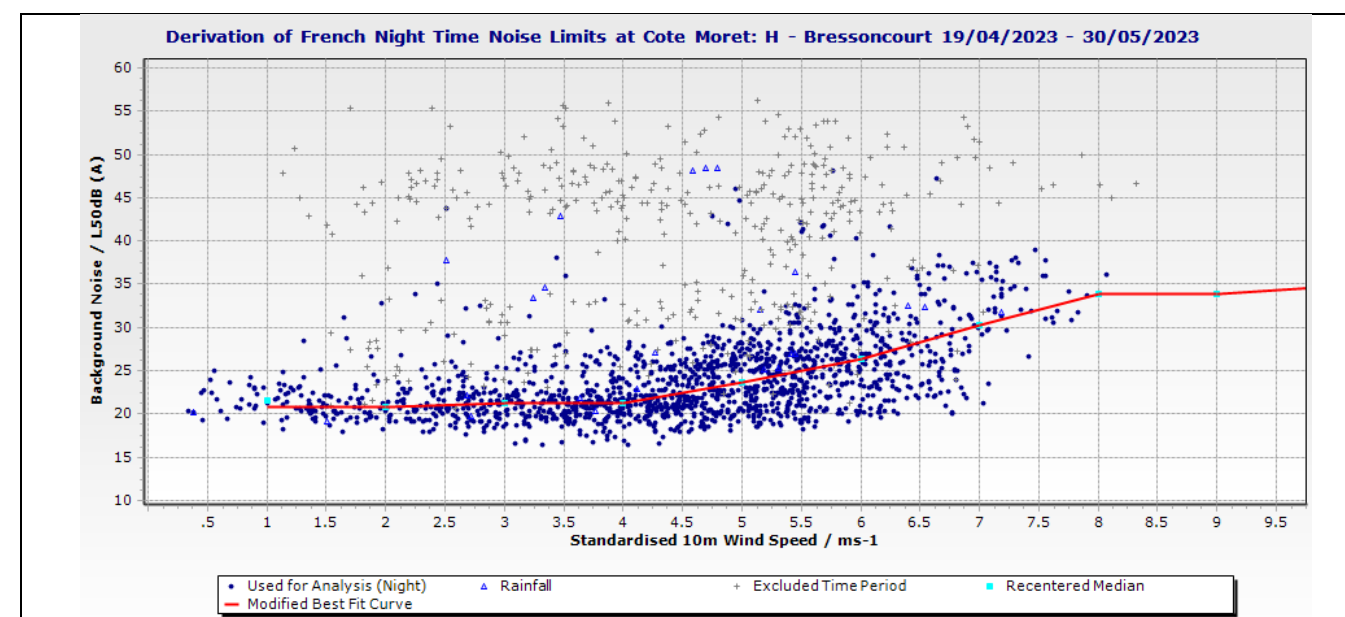
Figure 28 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Thonnance-les-Moulins (Point de mesure G – Thonnance-les-Moulins)



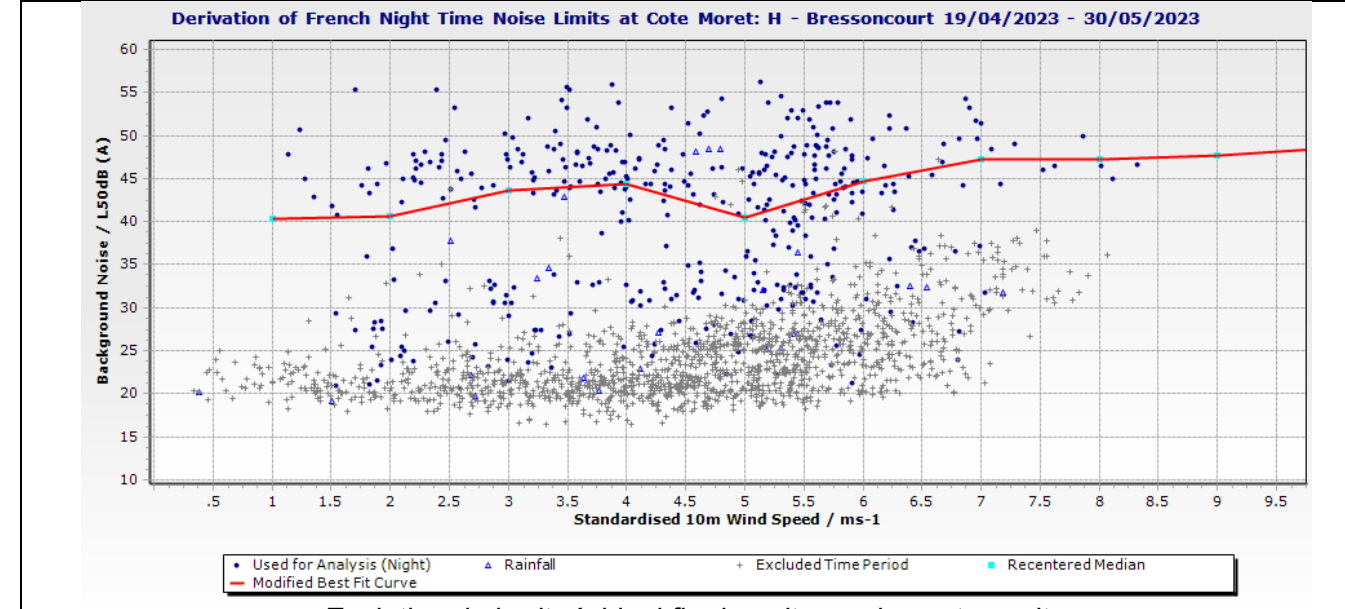
Evolution du bruit résiduel cœur de jour avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel fin de jour avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel cœur de nuit avec le vent sur site



Evolution du bruit résiduel fin de nuit avec le vent sur site

Figure 29 : Evolution du niveau sonore résiduel en fonction de la vitesse du vent sur site, pour la ZER de Bressoncourt (Point de mesure H - Bressoncourt)

Annexe 2 CERTIFICATS D'EMISSION SONORE DE L'EOLIENNE RETENUE

Noise level, rated power and available hub heights



Noise level - Nordex N149/4.0-4.5

operating mode	rated power [kW]	Maximum sound power level over the complete operating range of the turbine		available hub heights [m]			
		LWA [dBA]	LWA (STE) [dBA]	105	125	145	164
Mode 0	4500	108.1	106.1	•	•	•	•
Mode 1	4380	107.5	105.5	•	•	•	•
Mode 2	4280	107.0	105.0	•	•	•	•
Mode 3	4200	106.6	104.6	•	•	•	•
Mode 4	4100	106.1	104.1	•	•	•	•
Mode 5	4000	105.6	103.6	•	•	•	•
Mode 6	3880	105.0	103.0	•	–	–	•
Mode 7	3790	104.5	102.5	•	–	–	•
Mode 8	3720	104.0	102.0	•	–	–	•
Mode 9	3470	102.5	100.5	•	•	•	•
Mode 10	3370	102.0	100.0	•	•	•	•
Mode 11	3300	101.5	99.5	•	•	•	•
Mode 12	3230	101.0	99.0	•	•	•	•
Mode 13	3150	100.5	98.5	•	•	•	•
Mode 14	3080	100.0	98.0	•	•	•	•
Mode 15	3010	99.5	97.5	•	•	•	•
Mode 16	2940	99.0	97.0	•	•	•	•
Mode 17	2870	98.5	96.5	•	•	•	•

• mode available
– mode not available

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149-4.5MW- Mode 0 à mode 17 retenus pour les calculs de modélisation du projet de Plaine de Feuilloy



Octave sound power levels with serrated trailing edge

Mode 0

hub height 105 m – 106.1 dB(A)

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	75.6	77.5	77.7	77.7	77.7	77.7	77.7
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.6	87.5	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
125 Hz	83.7	84.7	88.2	92.2	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.9	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7	97.7
500 Hz	87.6	88.6	94.0	98.0	99.8	100.3	100.3	100.3	100.3	100.3
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	99.3	101.1	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	97.4	99.3	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.8	89.7	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.9	81.8	82.9	82.9	82.9	82.9	82.9
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	104.3	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1	106.1

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 0 - 106.1dB

Mode 1

hub height 105 m – 105.5 dB(A)

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	75.6	76.9	77.1	77.1	77.1	77.1	77.1
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.6	86.9	87.2	87.2	87.2	87.2	87.2
125 Hz	83.7	84.7	88.2	92.2	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.9	97.1	97.1	97.1	97.1	97.1	97.1
500 Hz	87.6	88.6	94.0	98.0	99.2	99.7	99.7	99.7	99.7	99.7
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	99.3	100.5	100.4	100.4	100.4	100.4	100.4
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	97.4	98.7	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.8	89.1	90.3	90.3	90.3	90.3	90.3
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.9	81.2	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	104.3	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5	105.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 1 – 105.5dB

Mode 2

hub height 105 m – 105.0 dB(A)

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	75.6	76.4	76.6	76.6	76.6	76.6	76.6
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.6	86.4	86.7	86.7	86.7	86.7	86.7
125 Hz	83.7	84.7	88.2	92.2	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.9	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6	96.6
500 Hz	87.6	88.6	94.0	98.0	98.7	99.2	99.2	99.2	99.2	99.2
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	99.3	100.0	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	97.4	98.2	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.8	88.6	89.8	89.8	89.8	89.8	89.8
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.9	80.7	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	104.3	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0	105.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 2 – 105.0dB

Octave sound power levels with serrated trailing edge

**Mode 3****hub height 105 m – 104.6 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	75.6	76.0	76.2	76.2	76.2	76.2	76.2
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.6	86.0	86.3	86.3	86.3	86.3	86.3
125 Hz	83.7	84.7	88.2	92.2	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5	92.5
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.9	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2
500 Hz	87.6	88.6	94.0	98.0	98.3	98.8	98.8	98.8	98.8	98.8
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	99.3	99.6	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	97.4	97.8	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.8	88.2	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.9	80.3	81.4	81.4	81.4	81.4	81.4
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	104.3	104.6	104.6	104.6	104.6	104.6	104.6

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 3 – 104.6dB

Mode 4**hub height 105 m – 104.1 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	75.2	75.5	75.7	75.7	75.7	75.7	75.7
63 Hz	77.1	78.1	81.6	85.2	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8	85.8
125 Hz	83.7	84.7	88.2	91.8	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0	92.0
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.5	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7	95.7
500 Hz	87.6	88.6	94.0	97.6	97.8	98.3	98.3	98.3	98.3	98.3
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	98.9	99.1	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	97.0	97.3	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.4	87.7	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.5	79.8	80.9	80.9	80.9	80.9	80.9
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	103.9	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1	104.1

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 4 – 104.1dB

Mode 5**hub height 105 m – 103.6 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	74.9	75.0	75.2	75.2	75.2	75.2	75.2
63 Hz	77.1	78.1	81.6	84.9	85.0	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
125 Hz	83.7	84.7	88.2	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5	91.5
250 Hz	86.6	87.6	91.9	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2	95.2
500 Hz	87.6	88.6	94.0	97.3	97.3	97.8	97.8	97.8	97.8	97.8
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	98.6	98.6	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	96.7	96.8	96.0	96.0	96.0	96.0	96.0
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	87.1	87.2	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	79.2	79.3	80.4	80.4	80.4	80.4	80.4
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	103.6	103.6	103.6	103.6	103.6	103.6	103.6

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 5 – 103.6dB

Octave sound power levels with serrated trailing edge

**Mode 6 (not available for 125 m and 145 m hub height)****hub height 105 m – 103.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	74.3	74.4	74.6	74.6	74.6	74.6	74.6
63 Hz	77.1	78.1	81.6	84.3	84.4	84.7	84.7	84.7	84.7	84.7
125 Hz	83.7	84.7	88.2	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9
250 Hz	86.6	87.6	91.9	94.6	94.6	94.6	94.6	94.6	94.6	94.6
500 Hz	87.6	88.6	94.0	96.7	96.7	97.2	97.2	97.2	97.2	97.2
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	98.0	98.0	97.9	97.9	97.9	97.9	97.9
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	96.1	96.2	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	86.5	86.6	87.8	87.8	87.8	87.8	87.8
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	78.6	78.7	79.8	79.8	79.8	79.8	79.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 6 – 103.0dB

Mode 7 (not available for 125 m and 145 m hub height)**hub height 105 m – 102.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	73.8	73.9	74.1	74.1	74.1	74.1	74.1
63 Hz	77.1	78.1	81.6	83.8	83.9	84.2	84.2	84.2	84.2	84.2
125 Hz	83.7	84.7	88.2	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
250 Hz	86.6	87.6	91.9	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1	94.1
500 Hz	87.6	88.6	94.0	96.2	96.2	96.7	96.7	96.7	96.7	96.7
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	97.5	97.5	97.4	97.4	97.4	97.4	97.4
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	95.6	95.7	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	86.0	86.1	87.3	87.3	87.3	87.3	87.3
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	78.1	78.2	79.3	79.3	79.3	79.3	79.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5	102.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 7 – 102.5dB

Mode 8 (not available for 125 m and 145 m hub height)**hub height 105 m – 102.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.6	73.3	73.4	73.6	73.6	73.6	73.6	73.6
63 Hz	77.1	78.1	81.6	83.3	83.4	83.7	83.7	83.7	83.7	83.7
125 Hz	83.7	84.7	88.2	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9
250 Hz	86.6	87.6	91.9	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6	93.6
500 Hz	87.6	88.6	94.0	95.7	95.7	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2
1000 Hz	88.0	89.0	95.3	97.0	97.0	96.9	96.9	96.9	96.9	96.9
2000 Hz	86.2	87.2	93.4	95.1	95.2	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4
4000 Hz	80.5	81.5	83.8	85.5	85.6	86.8	86.8	86.8	86.8	86.8
8000 Hz	71.3	72.3	75.9	77.6	77.7	78.8	78.8	78.8	78.8	78.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.3	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0	102.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 8 – 102.0dB

Octave sound power levels with serrated trailing edge

**Mode 9****hub height 105 m – 100.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.4	71.8	71.9	72.1	72.1	72.1	72.1	72.1
63 Hz	77.1	78.1	81.4	81.8	81.9	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
125 Hz	83.7	84.7	88.0	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4	88.4
250 Hz	86.6	87.6	91.7	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1	92.1
500 Hz	87.6	88.6	93.8	94.2	94.2	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7
1000 Hz	88.0	89.0	95.1	95.5	95.5	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4
2000 Hz	86.2	87.2	93.2	93.6	93.7	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
4000 Hz	80.5	81.5	83.6	84.0	84.1	85.3	85.3	85.3	85.3	85.3
8000 Hz	71.3	72.3	75.7	76.1	76.2	77.3	77.3	77.3	77.3	77.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	100.1	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5	100.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 9 – 100.5dB

Mode 10**hub height 105 m – 100.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	71.1	71.3	71.4	71.6	71.6	71.6	71.6	71.6
63 Hz	77.1	78.1	81.1	81.3	81.4	81.7	81.7	81.7	81.7	81.7
125 Hz	83.7	84.7	87.7	87.9	87.9	87.9	87.9	87.9	87.9	87.9
250 Hz	86.6	87.6	91.4	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6	91.6
500 Hz	87.6	88.6	93.5	93.7	93.7	94.2	94.2	94.2	94.2	94.2
1000 Hz	88.0	89.0	94.8	95.0	95.0	94.9	94.9	94.9	94.9	94.9
2000 Hz	86.2	87.2	92.9	93.1	93.2	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4
4000 Hz	80.5	81.5	83.3	83.5	83.6	84.8	84.8	84.8	84.8	84.8
8000 Hz	71.3	72.3	75.4	75.6	75.7	76.8	76.8	76.8	76.8	76.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 10 – 100.0dB

Mode 11**hub height 105 m – 99.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	70.8	70.8	71.2	71.1	71.1	71.1	71.1	71.1
63 Hz	77.1	78.1	80.8	80.8	81.3	81.2	81.2	81.2	81.2	81.2
125 Hz	83.7	84.7	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4	87.4
250 Hz	86.6	87.6	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1	91.1
500 Hz	87.6	88.6	93.2	93.2	93.7	93.7	93.7	93.7	93.7	93.7
1000 Hz	88.0	89.0	94.5	94.5	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4	94.4
2000 Hz	86.2	87.2	92.6	92.6	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
4000 Hz	80.5	81.5	83.0	83.0	84.4	84.3	84.3	84.3	84.3	84.3
8000 Hz	71.3	72.3	75.1	75.1	76.3	76.3	76.3	76.3	76.3	76.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 11 – 99.5dB

Octave sound power levels with serrated trailing edge

**Mode 12****hub height 105 m – 99.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	70.3	70.3	70.7	70.6	70.6	70.6	70.6	70.6
63 Hz	77.1	78.1	80.3	80.3	80.8	80.7	80.7	80.7	80.7	80.7
125 Hz	83.7	84.7	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9
250 Hz	86.6	87.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6
500 Hz	87.6	88.6	92.7	92.7	93.2	93.2	93.2	93.2	93.2	93.2
1000 Hz	88.0	89.0	94.0	94.0	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9	93.9
2000 Hz	86.2	87.2	92.1	92.1	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4
4000 Hz	80.5	81.5	82.5	82.5	83.9	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8
8000 Hz	71.3	72.3	74.6	74.6	75.8	75.8	75.8	75.8	75.8	75.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 12 – 99dB

Mode 13**hub height 105 m – 98.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	69.8	69.8	70.2	70.1	70.1	70.1	70.1	70.1
63 Hz	77.1	78.1	79.8	79.8	80.3	80.2	80.2	80.2	80.2	80.2
125 Hz	83.7	84.7	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4
250 Hz	86.6	87.6	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1	90.1
500 Hz	87.6	88.6	92.2	92.2	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7	92.7
1000 Hz	88.0	89.0	93.5	93.5	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4	93.4
2000 Hz	86.2	87.2	91.6	91.6	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9	90.9
4000 Hz	80.5	81.5	82.0	82.0	83.4	83.3	83.3	83.3	83.3	83.3
8000 Hz	71.3	72.3	74.1	74.1	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5	98.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 13 – 98.5dB

Mode 14**hub height 105 m – 98.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	69.3	69.3	69.7	69.6	69.6	69.6	69.6	69.6
63 Hz	77.1	78.1	79.3	79.3	79.8	79.7	79.7	79.7	79.7	79.7
125 Hz	83.7	84.7	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9	85.9
250 Hz	86.6	87.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6	89.6
500 Hz	87.6	88.6	91.7	91.7	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2	92.2
1000 Hz	88.0	89.0	93.0	93.0	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9	92.9
2000 Hz	86.2	87.2	91.1	91.1	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4
4000 Hz	80.5	81.5	81.5	81.5	82.9	82.8	82.8	82.8	82.8	82.8
8000 Hz	71.3	72.3	73.6	73.6	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8	74.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 14 – 98dB

Octave sound power levels with serrated trailing edge

**Mode 15****hub height 105 m – 97.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	68.8	68.8	69.2	69.1	69.1	69.1	69.1	69.1
63 Hz	77.1	78.1	78.8	78.8	79.3	79.2	79.2	79.2	79.2	79.2
125 Hz	83.7	84.7	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4	85.4
250 Hz	86.6	87.6	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1	89.1
500 Hz	87.6	88.6	91.2	91.2	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7	91.7
1000 Hz	88.0	89.0	92.5	92.5	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4	92.4
2000 Hz	86.2	87.2	90.6	90.6	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9	89.9
4000 Hz	80.5	81.5	81.0	81.0	82.4	82.3	82.3	82.3	82.3	82.3
8000 Hz	71.3	72.3	73.1	73.1	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3	74.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5	97.5

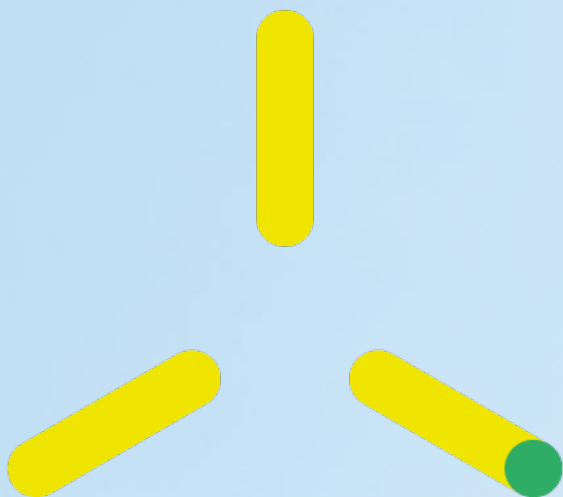
Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 15 – 97.5dB**Mode 16****hub height 105 m – 97.0 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	68.3	68.3	68.7	68.6	68.6	68.6	68.6	68.6
63 Hz	77.1	78.1	78.3	78.3	78.8	78.7	78.7	78.7	78.7	78.7
125 Hz	83.7	84.7	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9	84.9
250 Hz	86.6	87.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6	88.6
500 Hz	87.6	88.6	90.7	90.7	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2	91.2
1000 Hz	88.0	89.0	92.0	92.0	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9	91.9
2000 Hz	86.2	87.2	90.1	90.1	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4	89.4
4000 Hz	80.5	81.5	80.5	80.5	81.9	81.8	81.8	81.8	81.8	81.8
8000 Hz	71.3	72.3	72.6	72.6	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8	73.8
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0	97.0

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 16 – 97dB**Mode 17****hub height 105 m – 96.5 dB(A)**

octave sound power levels [dB(A)] at standardized wind speeds v_s										
Frequency	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
31.5 Hz	67.1	68.1	67.8	67.8	68.2	68.1	68.1	68.1	68.1	68.1
63 Hz	77.1	78.1	77.8	77.8	78.3	78.2	78.2	78.2	78.2	78.2
125 Hz	83.7	84.7	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4	84.4
250 Hz	86.6	87.6	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1	88.1
500 Hz	87.6	88.6	90.2	90.2	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7	90.7
1000 Hz	88.0	89.0	91.5	91.5	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4	91.4
2000 Hz	86.2	87.2	89.6	89.6	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9	88.9
4000 Hz	80.5	81.5	80.0	80.0	81.4	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3
8000 Hz	71.3	72.3	72.1	72.1	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3	73.3
Total sound power level [dB(A)]	94.0	95.0	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5

Certificats d'émission sonore de l'aérogénérateur Nordex N149 – 4.5MW Mode 17 – 96.5dB



C.E.P.E. « Côte Moret »
330 rue du Mourelet – ZI de Courtine
84000 – Avignon, France