

RAPPORT DE MESURES ACOUSTIQUES

Etude d'impact acoustique / projet de Petit-Verly

Communes de Grougis et Petit-Verly (02)



NOTUS ENERGIE FRANCE SERVICES

92, rue de Rennes
75006 PARIS

Décembre 2022
MAJ : Septembre 2024

AGENCE DE TOULOUSE (Siège)
ZA de Tourneris - Lot 1
31470 Bonrepos / Aussonnelle
Tél. +33 (0)5 61 91 64 90

AGENCE DE PARIS
86bis Rue de la République
92800 Puteaux
Tél. +33 (0)1 40 81 03 54

AGENCE DE SHANGHAI
350 Xianxia Road
Shanghai 200336

DELHOM ACOUSTIQUE
SARL au capital de 10000 €
RCS Toulouse B 399 593 276 - APE 7112B
contact@acoustique-delhom.com
www.acoustique-delhom.com



TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	3	10	ANNEXE 1 : GRAPHES RELATIFS AUX ANALYSES STATISTIQUES	23
2	DÉFINITIONS	3	11	ANNEXE 2 : EXTRAIT DU PROJET DE NORME NF S 31-114 (VERSION 07-2011)	28
3	LA RÉGLEMENTATION APPLICABLE	4	11.1	AÉRAULIQUE	28
4	PRÉSENTATION DE L'AIRE D'ÉTUDE	4	11.2	CLASSES HOMOGÈNES	28
4.1	PRÉSENTATION GÉNÉRALE	4	11.3	DESCRIPTEUR DU NIVEAU SONORE POUR UN INTERVALLE DE BASE	28
4.2	AIRE D'ÉTUDE DES PROJETS	5	11.4	INDICATEUR DE BRUIT	28
5	BRUIT RÉSIDUEL	6	12	ANNEXE 3 : DESCRIPTIF DU MODÈLE DE CALCUL	29
5.1	APPAREILLAGE DE MESURE	6	12.1	LE MODELE DE CALCUL UTILISE	29
5.2	MESURE DU BRUIT RÉSIDUEL	6	12.1.1	La modélisation du terrain	29
5.3	FONCTIONNEMENT PRÉVU DES INSTALLATIONS	7	12.1.2	Les sources de bruit	29
5.4	INTERVALLES DE TEMPS	7	12.1.3	Le transport de l'énergie acoustique	29
5.5	CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES	7	12.1.4	La propagation des rayons	29
5.5.1	Secteurs de vent	7	12.1.5	La présentation des résultats	30
5.5.2	Influence du vent sur le microphone	8	13	ANNEXE 4 : PRINCIPE METHODOLOGIQUE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE	31
5.6	CLASSES HOMOGÈNES	8	13.1	DÉFINITION DES TERMES EMPLOYÉS	31
5.7	NIVEAUX DE BRUIT RÉSIDUEL MESURÉS	8	13.2	CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE	32
5.7.1	Généralités sur la méthodologie	8	13.3	PRINCIPES DE L'ÉTUDE ACOUSTIQUE	33
5.7.2	Résultats de valeurs de bruit résiduel	9	13.4	MESURES ACOUSTIQUES POST IMPLANTATION	33
6	CARACTÉRISATION DU PROJET	9			
6.1	LOCALISATION DES POINTS DE CONTRÔLE	9			
6.2	CARACTÉRISTIQUES ACOUSTIQUES DES ÉOLIENNES	11			
7	ANALYSE DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PARC ÉOLIEN	12			
7.1	HYPOTHÈSES ET MODÉLISATION	12			
7.2	NIVEAU DE BRUIT AMBIANT SUR LES PÉRIMÈTRES DE MESURE DE BRUIT	12			
7.3	TONALITÉ MARQUÉE	13			
7.4	IMPACT ACOUSTIQUE EN ZONES À ÉMERGENCE RÉGLEMENTÉE	15			
7.5	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS ET COMMENTAIRES	19			
8	IMPACT ACOUSTIQUE CUMULÉ	20			
8.1	SIMULATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE CUMULÉ	20			
8.2	ANALYSE DE L'IMPACT CUMULÉ	20			
9	CONCLUSION	22			

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de parc éolien de Petit-Verly sur la commune de Grougis et de Petit-Verly (02), la société **NOTUS ENERGIE FRANCE SERVICES** a confié à Delhom Acoustique une mission d'étude acoustique en vue de simuler l'impact sonore de l'activité en zones à émergence réglementée et sur les périmètres de mesure du bruit de l'installation.

Cette étude s'effectue notamment dans le cadre de l'arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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. Elle est également conforme aux autres textes législatifs et réglementaires régissant les études d'impact (articles L.122-1 et suivants et R.122-1 et suivant du Code de l'environnement) et les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (articles L.511-1 et suivants et R.511-1 et suivants du Code de l'environnement).

Les simulations d'impact sonore, présentées dans ce document, vont permettre d'évaluer la contribution de chaque éolienne sur les niveaux de bruit aux voisinages. Cette estimation servira à vérifier la conformité des installations vis-à-vis de la réglementation.

Notre étude s'est déroulée en plusieurs phases :

- Mesures acoustiques du bruit résiduel en 7 zones à émergence réglementée autour du site, sur une large plage de vitesses de vent ;
- Définition des objectifs réglementaires ;
- Simulations de l'impact acoustique du projet sur les zones à émergences réglementées et sur les périmètres de mesure du bruit ;
- Analyse des résultats selon les objectifs réglementaires.

Le présent rapport rend compte de cette mission.

Remarque : l'annexe 4 du document aborde le principe méthodologique d'une étude d'impact acoustique de manière moins formelle et plus pédagogique afin d'appréhender au mieux la lecture de ce document.

2 DEFINITIONS

Niveau de pression acoustique : vingt fois le logarithme décimal du rapport d'une pression acoustique à la pression acoustique de référence (20 μ Pa). Il s'exprime en décibels (dB).

Niveau de pression acoustique dans une bande déterminée : niveau de pression acoustique efficace produite par les composantes d'une vibration acoustique dont les fréquences sont contenues dans la bande considérée.

Niveau acoustique fractile, $L_{AN,\tau}$: par analyse statistique de L_{Aeq} courts, on peut déterminer le niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé pendant N % du temps considéré, dénommé « Niveau acoustique fractile ». Son symbole est $L_{AN,\tau}$, par exemple $L_{A50,1s}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A dépassé pendant 50 % de l'intervalle de mesure, avec une durée d'intégration égale à 1s.

Bruit ambiant : bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches ou éloignées.

Bruit particulier : composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête. Dans notre cas, il s'agit du bruit généré au voisinage par le fonctionnement des éoliennes.

Bruit résiduel : bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier considéré. Ce peut être par exemple, dans un logement, l'ensemble des bruits habituels provenant de l'extérieur et de bruits intérieurs correspondant à l'usage normal des locaux et des équipements.

Émergence : modification temporelle du niveau du bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.

Zone à émergence réglementée (ZER) :

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

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

$$R = 1.2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor}).$$

3 LA REGLEMENTATION APPLICABLE

Le bruit généré par le fonctionnement des éoliennes entre dans le champ d'application de l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Celui-ci fixe les valeurs de l'émergence admises dans les zones à émergence réglementée. Ces émergences limites sont calculées à partir des valeurs suivantes : 5 décibels A (dB(A)) en période diurne (de 7 heures à 22 heures) et 3 dB(A) en période nocturne (de 22 heures à 7 heures), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif, fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, selon le tableau ci-dessous :

Tableau 1. *Détermination du terme correctif en fonction de la durée d'apparition*

DURÉE CUMULÉE d'apparition du bruit particulier : T	TERME CORRECTIF en dB(A)
20 minutes < T ≤ 2 heures	3
2 heures < T ≤ 4 heures	2
4 heures < T ≤ 8 heures	1
T > 8 heures	0

Les installations étant susceptibles de générer du bruit pendant plus de 8 heures, nous retiendrons un terme correctif nul pour la définition des émergences à respecter, soit :

- 5 dB(A) en période diurne ;
- 3 dB(A) en période nocturne.

Toutefois, l'émergence globale n'est recherchée que lorsque le niveau de bruit ambiant mesuré, comportant le bruit particulier est de 35 dB(A).

L'arrêté du 26 août 2011 modifié fixe également un périmètre de mesure de l'installation avec le paramètre R défini par : $R = 1.2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor})$.

Sur le ou les périmètre(s) de mesures du bruit de l'installation, le niveau de bruit ambiant maximal est limité à :

- 70 dB(A) en période diurne ;
- 60 dB(A) en période nocturne.

En dernier lieu, cette réglementation précise que, dans le cas où le bruit particulier de l'installation est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe de l'arrêté du 23 janvier 1997, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'installation dans chacune des périodes diurne ou nocturne.

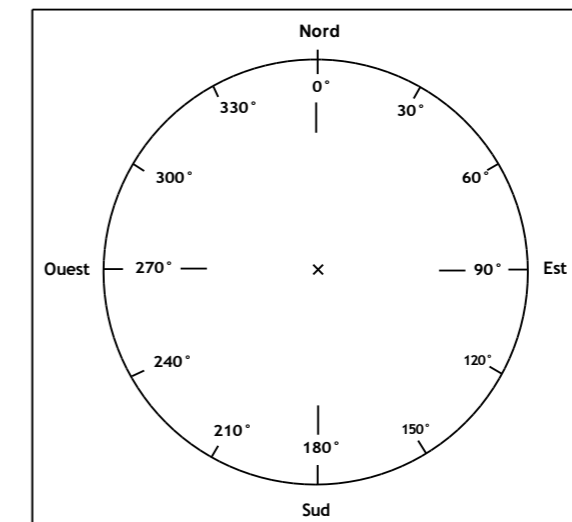
4 PRESENTATION DE L'AIRE D'ETUDE

4.1 PRESENTATION GENERALE

L'étude porte sur le projet de parc éolien sur les communes de Grougis et de Petit-Verly (02). La possibilité de mise en place de ces installations dépend de nombreuses contraintes environnementales propres à leur fonctionnement et leur entretien, comme le gisement éolien de la zone ou encore l'accessibilité aux infrastructures. Il est également nécessaire, pour un tel projet, de connaître les émissions sonores générées aux voisinages par les éoliennes afin d'assurer le respect de la réglementation en adoptant, le cas échéant, des mesures sur les conditions de fonctionnement de certaines éoliennes.

L'évaluation de l'impact sonore va résulter de plusieurs hypothèses et paramètres retenus sur les sources de bruit et sur les conditions météorologiques. Tout d'abord, les habitations susceptibles d'être les plus exposées au bruit de l'activité ont été déterminées sur le site du projet de parc éolien (voir paragraphe suivant). Ensuite, des mesures acoustiques vont être réalisées au niveau des zones les plus exposées afin de caractériser les niveaux de bruit résiduel présents autour du site. Enfin, les niveaux sonores générés aux différents voisinages retenus seront évalués en tenant compte de chaque configuration envisageable (direction et vitesse du vent, puissance acoustique de l'éolienne en fonction de la vitesse du vent, position de l'éolienne vis-à-vis du voisinage ...).

Dans tout le document et sauf indications contraires, les angles relatifs à la provenance du vent seront établis comme sur la figure suivante :



4.2 AIRE D'ETUDE DES PROJETS

La zone d'étude du projet est située au sud de la commune de Petit-Verly. Cette zone est également située au nord-ouest de la commune de Grand Verly et à l'est de la commune de Grougis.

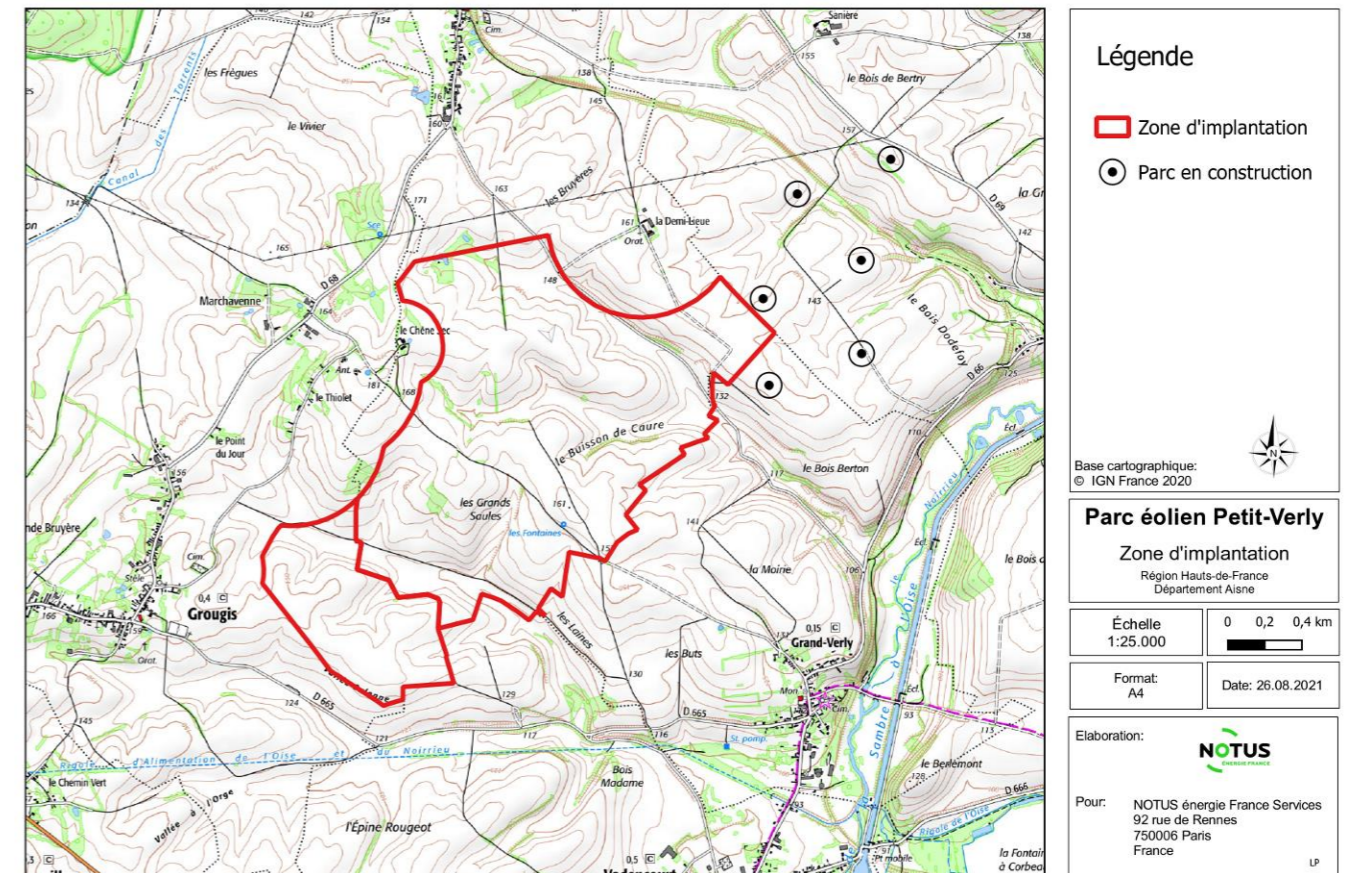
Les sources de bruit principales sont la végétation environnante, l'activité agricole, le passage de véhicules. Cependant, les circulations routières sont fortement intermittentes. Aucune activité industrielle bruyante n'a été repérée dans la zone du projet.

La carte ci-dessous rend compte des points de mesures acoustiques.

Figure 1. Implantation des points de mesures de bruit résiduel



Figure 2. Implantation de l'aire d'étude (source NOTUS ENERGIE)



La situation géographique et le paysage sonore du site présentent les caractéristiques suivantes :

- Relief peu marqué au regard des dimensions des éoliennes ;
- Circulation routière non continue, notamment la nuit : l'utilisation de l'indice fractile L50 élimine le bruit généré par cette source
- Aucune activité industrielle bruyante autour des autres zones à émergences réglementées ;
- L'activité agricole en période diurne et la végétation environnante sont les principales sources sonores.

5 BRUIT RESIDUEL

Le bruit résiduel, au voisinage le plus exposé, se définit comme étant le bruit ambiant en l'absence du bruit particulier généré par le fonctionnement des éoliennes. Ce bruit résiduel va nous servir de référence pour évaluer les émergences des niveaux sonores dus au fonctionnement de ces installations.

Les mesurages ont été réalisés du 22 novembre au 6 décembre 2021.

Ces mesures étant réalisées en novembre et décembre 2021, celles-ci se base sur les normes NF S 31-010 et NF S 31-114.

Les paragraphes suivants rendent compte des interventions réalisées.

5.1 APPAREILLAGE DE MESURE

Sept appareils de mesures munis de boules anti-vent ont été utilisés pour les interventions. Chaque appareil a été positionné à plus 2 mètres d'une paroi réfléchissante et à une hauteur comprise entre 1.2 m et 1.5 m, conformément à la norme NF S 31-114.

Le tableau suivant présente leurs caractéristiques.

Tableau 2. *Appareillage de mesure utilisé*

APPAREILS	MARQUE	TYPE	N° DE SERIE	CLASSE
Calibreur	01dB	Cal21	34682915	1
Sonomètre intégrateur	01dB	FUSION	12062	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T240389	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T239858	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T244714	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T244716	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T244707	1
Sonomètre intégrateur	CESVA	SC310	T244710	1

Les appareils ont été calibrés avant chaque mesurage à l'aide du calibreur Cal21 de classe 1 (N° série : 34682915) vérifié périodiquement par le L.N.E. (Laboratoire National d'Essais), et possédant un certificat d'étalonnage en cours de validité.

La chaîne de mesurage a également été vérifiée par le L.N.E. (Laboratoire National d'Essais) et possède un certificat de vérification en cours de validité. Les enregistrements ont été dépouillés à l'aide des logiciels dBTrait32 et Capture Studio.

5.2 MESURE DU BRUIT RESIDUEL




Les points de mesure du bruit résiduel ont été choisis en fonction de leurs expositions sonores vis-à-vis des éoliennes et des conditions météorologiques ainsi que des secteurs géographiques de la zone. Ces points ont été retenus pour être représentatifs de l'ambiance sonore de chaque secteur.




Compte tenu du relief peu marqué vis-à-vis de la hauteur des éoliennes, ce sont les zones les plus proches autour de l'aire d'étude qui ont été retenues.

De plus, l'emplacement de chaque point a été défini afin de limiter les risques de perturbations pouvant être directement créées par le vent sur les capteurs des microphones.

Remarque : les points de contrôle d'impact acoustique et les points de mesures de bruit résiduel ne sont pas nécessairement implantés aux mêmes emplacements. En effet, les points de mesures de bruit résiduel sont représentatifs d'un paysage sonore d'une zone tandis que les points de contrôle d'impact sonore sont représentatifs des lieux les plus exposés au bruit des éoliennes.

Les tableaux suivants rendent compte des points de mesures du bruit résiduel.

LIEU-DIT	COORDONNEES GPS	PHOTO	DESCRIPTIF ENVIRONNEMENT
Z.E.R. 1 PETIT VERLY	Longitude 49.96703 ----- Latitude 3.55762		Ferme située au sud du village de Petit Verly proche d'une route peu fréquentée, Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions, Végétation peu importante,
Z.E.R. 2 LA DEMI-LIEUE	Longitude 49.96053 ----- Latitude 3.57233		Ferme isolée située au sud-est du village de Petit Verly, proche d'une route peu fréquentée, Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions, Végétation peu importante,
Z.E.R. 3 LE CHENE SEC	Longitude 49.95577 ----- Latitude 3.55260		Ferme isolée située à l'est de Marchavennede, proche d'une route peu fréquentée, Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions, Végétation assez peu importante,

LIEU-DIT	COORDONNEES GPS	PHOTO	DESCRIPTIF ENVIRONNEMENT
Z.E.R. 5 GROUGIS	Longitude 49.94436 ----- Latitude 3.53628		Ferme située à l'est de la commune de Grougis proche d'une route peu fréquentée. Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions. Végétation assez peu importante.
Z.E.R. 6 GRAND VERLY	Longitude 49.94082 ----- Latitude 3.58098		Habitation située à l'ouest du village de Grand Verly proche d'une route peu fréquentée, Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions. Végétation assez peu importante.
Z.E.R. 7 VADENCOURT	Longitude 49.93149 ----- Latitude 3.58141		Habitation située au nord-est du village de Vadencourt proche d'une route peu fréquentée, Peu de relief, vue dégagée sur l'ensemble des directions. Végétation assez peu importante.

5.3 FONCTIONNEMENT PREVU DES INSTALLATIONS

Les futures installations du parc éolien sont susceptibles de fonctionner de jour comme de nuit, dès lors que le vent dépasse la vitesse de 3 m/s au niveau de leurs moyeux.

5.4 INTERVALLES DE TEMPS

Nous avons retenu comme intervalles de référence et d'observation, les périodes suivantes :

- Jour : 07h00 à 22h00 ;
- Nuit : 22h00 à 07h00.

Pour caractériser la situation acoustique du site, les enregistrements ont été réalisés sur une période de plus de deux semaines (soit du 22 novembre au 6 décembre 2021) durant la période végétative.

5.5 CONDITIONS METEOROLOGIQUES

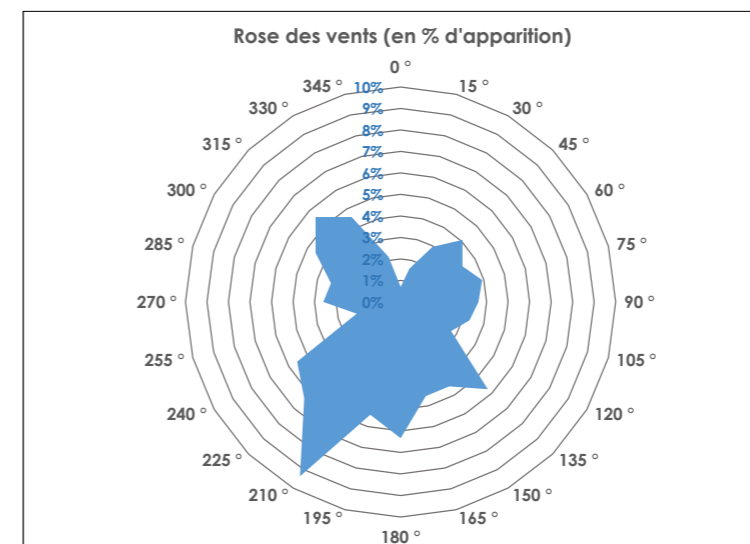
Les conditions météorologiques (en particulier le vent et l'humidité) peuvent influencer sur les résultats. Les mesures du bruit résiduel ont pris en compte l'influence du vent sur les niveaux de bruit générés aux voisinages les plus exposés par la future activité du site. En effet, la vitesse du vent se composant avec la vitesse du son, un gradient de vent produit un phénomène de réfraction qui donne lieu, soit à des affaiblissements, soit à des renforcements des niveaux sonores. Les vents dominants du site ont les directions de sud-ouest et nord-est.

Les mesures du bruit résiduel ont été effectuées du 22 novembre au 6 décembre 2021.

5.5.1 Secteurs de vent

Lors des mesures, les secteurs de vent rencontrés et exploitables sont les secteurs à tendance sud-ouest. Ces derniers sont les principaux secteurs représentatifs des conditions habituelles du site (voir figure 3).

Figure 3. Rose des vents de la période de mesure



5.5.2 Influence du vent sur le microphone

La vitesse du vent à hauteur de microphone a été évaluée par un calcul du profil de vent en prenant des hypothèses fortement contraignantes : sur un terrain dégagé, libre de tout obstacle avec une végétation basse (sol herbeux), la vitesse du vent à la hauteur du microphone (1,2 mètres du sol) est en dessous de 5 m/s jusqu'à des vitesses de vent de 9 m/s à la hauteur standardisée de 10 mètres.

Les vitesses de vent standardisées à 10 m correspondent aux valeurs présentées dans le tableau suivant pour une hauteur de 1.2 m (hauteur du microphone de l'appareil de mesures).

V en m/s pour h= 1.2 m	V en m/s pour h= 10 m
3.0	5.0
3.5	6.0
4.0	7.0
4.5	8.0
5.0	9.0

Nous avons uniquement considéré les périodes durant lesquelles les vitesses de vent au niveau du microphone sont inférieures à 5m/s.

5.6 CLASSES HOMOGENES

En vue de garantir de meilleures cohérence et représentativité de l'évolution des niveaux résiduels en fonction de la vitesse du vent standardisée, des classes homogènes sont définies conformément à la norme NF S 31-114.

Deux classes homogènes sont retenues pour l'analyse du site de Petit-Verly. Ces classes homogènes ont été définies pour chacune des périodes réglementaires diurne et nocturne.

En effet, nous rappelons que la situation géographique et le paysage sonore du site présentent les caractéristiques suivantes :

- Relief peu marqué au regard des dimensions des éoliennes ;
- Circulation routière non continue, notamment la nuit : l'utilisation de l'indice fractile L50 élimine le bruit généré par cette source
- Aucune activité industrielle bruyante autour des autres zones à émergences réglementées ;

La faune et la flore environnante restent les principales sources de bruit qui caractériseront le bruit résiduel d'une zone. Compte tenu des distances en jeu entre cette végétation et le récepteur acoustique, la direction du vent sur 360 degrés peut, dans ce cas, être considérée comme une seule et même condition homogène*. En effet, d'une part, le fait de n'avoir aucune activité industrielle de type carrière ou usine proche autour du site permet de n'avoir aucune augmentation de niveau sonore selon une direction de vent favorable à la propagation du son induit par une activité industrielle.

D'autre part, le flux très intermittent des routes autour du site n'a aucune influence sur le niveau sonore mesuré. L'indice fractile L50 permet de supprimer les pics d'énergie acoustique dus aux passages des véhicules. Ainsi, la direction du vent n'a, encore une fois, aucune influence sur le bruit généré par les infrastructures routières autour du site.

Enfin, le relief peu marqué du site (par rapport aux dimensions des éoliennes) permet d'affirmer que, quelle que soit la direction du vent, l'effet sur la végétation induira les mêmes niveaux de bruit sur le point de réception.

Par conséquent, les niveaux de bruit résiduel générés par vent de sud-ouest (direction principalement rencontrée pendant la campagne de mesures acoustiques) peuvent également être assimilés aux niveaux de bruit générés par la direction nord-est (deuxième direction dominante du site).

* Les définitions de classes homogènes, de descripteur et d'un indicateur de bruit sont précisées en annexe 2 – Extrait du projet de norme NF S 31-114.

5.7 NIVEAUX DE BRUIT RESIDUEL MESURES

5.7.1 Généralités sur la méthodologie

Les niveaux de bruit résiduel ont été ramenés à la hauteur de référence de 10 m avec l'équation de la norme NF S 31-114 (le détail des calculs est donné en annexe – Extrait NF S 31-114). Les vitesses de vent ont été mesurées sur site avec le mat grande hauteur (99 m) de la société NOTUS ENERGIE France SERVICES.

L'analyse a été réalisée selon la dernière version du projet de norme NF S 31-114 pour caractériser les niveaux de bruit résiduel en chaque point de contrôle, pour chaque période de la journée (diurne et nocturne) et pour chaque orientation et vitesse de vent.

Les niveaux de bruit résiduel ont été intégrés sur un intervalle de 10 minutes. Pour chacun de ces cas nous avons éliminé les valeurs non représentatives de ces niveaux (pics d'énergie acoustique importants augmentant ponctuellement le bruit mesuré tel qu'un bref passage de véhicule ou une pluie marquée). Puis nous avons fait un premier graphique (nuage de points) des L50 restants en fonction des vitesses de vent ramenées à la hauteur de référence de 10 m, pendant ces mêmes périodes de 10 minutes.

L'indice fractile L50 étant défini comme le niveau de bruit atteint ou dépassé pendant 50 % de l'intervalle de mesure (soit 10 min), il permet d'éliminer et de ne pas prendre en compte les pics d'énergie important comme le bruit généré par la circulation intermittente présente autour du site.

Avec ces données, nous avons créé un second graphique : pour chaque classe de vitesse de vent, nous avons associé la valeur médiane des L50 restants en fonction des vitesses moyennes de vent. Les niveaux de bruit résiduels retenus pour les vitesses entières de chaque classe de vent sont déterminés par interpolation linéaire des couples L50 médian / vitesse de vent moyenne restants.

5.7.2 Résultats de valeurs de bruit résiduel

Le tableau de synthèse suivant présente les niveaux de bruit résiduel retenus.

Tableau 3. Niveaux de bruit résiduel en dB(A) aux voisinages (Z.E.R.)

Classe de vitesse de vent :		Niveaux de bruit résiduel mesurés Secteur SUD-OUEST						
		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
ZER 1 : PETIT VERLY	DIURNE	32,5	33,5	34,5	37	40	42	44,5
	NOCTURNE	26	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
ZER 2 : LA DEMI-LIEUE	DIURNE	27	27,5	28,5	30,5	34,5	36,5	40,5
	NOCTURNE	21,5	22,5	24	27	30	33,5	37
ZER 3 : LE CHENE SEC	DIURNE	26,5	29,5	31	34,5	40	42,5	45
	NOCTURNE	20,5	21	21,5	24,5	26	29,5	34
ZER 4 : LE THIOLET	DIURNE	33	32,5	34,5	36	37,5	38,5	40,5
	NOCTURNE	24	25,5	27	30,5	32,5	34,5	37
ZER 5 : GROUGIS	DIURNE	30,5	30,5	33	34,5	36	38	40,5
	NOCTURNE	27	28	29	30,5	32	33	34
ZER 6 : GRAND VERLY	DIURNE	30	31,5	32	35	38	40	43
	NOCTURNE	23,5	24	26	27,5	29,5	33,5	37
ZER 7 : VADENCOURT	DIURNE	33	34,5	36,5	37,5	38,5	40	41
	NOCTURNE	24	26	26,5	31	31,5	34	36

Ces valeurs sont données pour la hauteur standardisée de 10 m.

Les résultats sont plutôt conformes à ce que l'on peut attendre pour ce type d'environnement autour du site (végétation assez peu importante, peu de circulation routière notamment la nuit...).

6 CARACTERISATION DU PROJET

6.1 LOCALISATION DES POINTS DE CONTROLE

Les points de contrôle ont été déterminés afin d'être représentatifs des voisinages habités les plus exposés pour le calcul de l'impact sonore en fonction des différentes conditions météorologiques. Celles-ci correspondent principalement à des vents de sud-ouest et de nord-est.

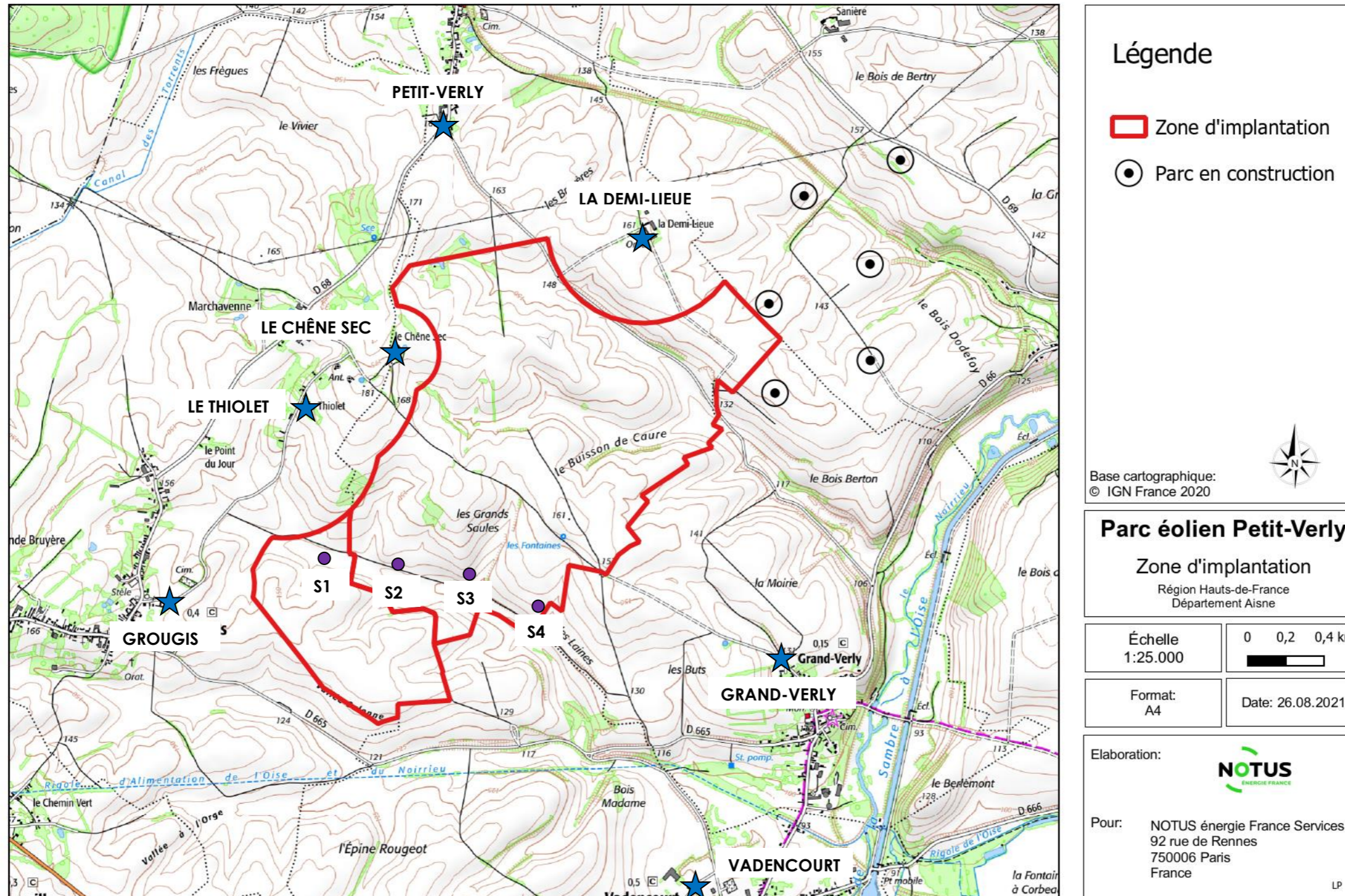
Compte tenu du relief peu marqué par rapport aux dimensions des éoliennes, les ZER les plus impactées sont également les plus proches des éoliennes dans la direction des vents.

Ces différents points et les positions prévues des éoliennes de Petit-Verly, numérotées **S1 à S4**, sont présentés en bleu sur la carte de la page suivante.

Remarque : les points de contrôle d'impact acoustique et les points de mesures de bruit résiduel ne sont pas nécessairement implantés aux mêmes emplacements. En effet, les points de mesures de bruit résiduel sont représentatifs d'un paysage sonore d'une zone tandis que les points de contrôle d'impact sonore sont représentatifs des lieux les plus exposés au bruit des éoliennes.

PLAN DE LOCALISATION DES POINTS DE CONTRÔLE ET DES EOLIENNES

Figure 5. Implantation des points de contrôle et des éoliennes



6.2 CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DES EOLIENNES

L'analyse des impacts acoustiques du projet éolien de Petit-Verly a été réalisée sur la base des spécifications techniques d'un type d'éoliennes correspondant au gabarit du projet.

Les caractéristiques générales des modèles d'éolienne ayant servi pour cette étude (Nordex N131 3.6MW avec hauteur de moyeu de 97.5 m et de 106 m) sont précisées ci-dessous.

Le flux d'air autour des rotors de ces éoliennes va créer des niveaux de pression acoustique dans l'environnement proche des installations. Les niveaux de bruit générés par les éoliennes vont fluctuer en fonction de la vitesse de rotation des rotors et, par conséquent, en fonction des vitesses de vent sur le site d'implantation.

Chaque constructeur donne les niveaux de puissance acoustique de ce type d'éolienne en fonction des vitesses de vent à hauteur de moyeu (évalués selon la norme IEC 61400-11).

NORDEX N131 3.6MW STE (S1)

Caractéristiques dimensionnelles :

- Hauteur de nacelle : 97.5 m ;
- Diamètre du rotor : 131 m ;
- Vent de démarrage : 3 m/s à hauteur de moyeu.

Le tableau suivant présente les niveaux de puissance acoustique de ce type d'éolienne en fonction des vitesses de vent, entre 3 et 9 m/s, ramenées à la hauteur de référence de 10 m.

Figure 6. Puissances acoustiques en dB(A) en fonction de la vitesse du vent

Mode	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Std	93,0	93,7	99,5	103,2	103,6	103,9	103,9
Mode 2	93,0	93,7	99,5	102,7	102,9	103,1	103,1
Mode 4	93,0	93,7	99,4	101,6	101,8	102,0	102,0
Mode 5	93,0	93,7	99,0	99,3	99,4	99,5	99,5
Mode 6	93,0	93,7	98,6	98,8	98,9	99,0	99,0
Mode 7	93,0	93,7	98,1	98,3	98,4	98,5	98,5
Mode 8	93,0	93,7	97,6	97,8	97,9	98,0	98,0
Mode 9	93,0	93,7	97,1	97,3	97,4	97,5	97,5
Mode 10	93,0	93,7	96,6	96,8	96,9	97,0	97,0
Mode 11	93,0	93,7	96,1	96,3	96,4	96,5	96,5
Mode 12	93,0	93,7	95,6	95,8	95,9	96,0	96,0

Au-dessus de 9 m/s (réf. hauteur 10 m), les niveaux de puissance acoustique restent stables.

La ligne « **Std** » correspond au fonctionnement nominal de l'éolienne et les lignes « **Mode 2** » à « **Mode 12** » correspondent à différents types de bridages de l'éolienne.

NORDEX N131 3.6MW STE (S2 à S4)

Caractéristiques dimensionnelles :

- Hauteur de nacelle : 106 m ;
- Diamètre du rotor : 131 m ;
- Vent de démarrage : 3 m/s à hauteur de moyeu.

Le tableau suivant présente les niveaux de puissance acoustique de ce type d'éolienne en fonction des vitesses de vent, entre 3 et 9 m/s, ramenées à la hauteur de référence de 10 m.

Figure 7. Puissances acoustiques en dB(A) en fonction de la vitesse du vent

Mode	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Std	93,0	93,8	99,7	103,3	103,6	103,9	103,9
Mode 2	93,0	93,8	99,7	102,7	102,9	103,1	103,1
Mode 4	93,0	93,8	99,6	101,6	101,8	102,0	102,0
Mode 5	93,0	93,8	99,0	99,3	99,4	99,5	99,5
Mode 6	93,0	93,8	98,6	98,8	98,9	99,0	99,0
Mode 7	93,0	93,8	98,1	98,3	98,4	98,5	98,5
Mode 8	93,0	93,8	97,6	97,8	97,9	98,0	98,0
Mode 9	93,0	93,8	97,1	97,3	97,4	97,5	97,5
Mode 10	93,0	93,8	96,6	96,8	96,9	97,0	97,0
Mode 11	93,0	93,8	96,1	96,3	96,4	96,5	96,5
Mode 12	93,0	93,8	95,6	95,8	95,9	96,0	96,0

Au-dessus de 9 m/s (réf. hauteur 10 m), les niveaux de puissance acoustique restent stables.

La ligne « **Std** » correspond au fonctionnement nominal de l'éolienne et les lignes « **Mode 2** » à « **Mode 12** » correspondent à différents types de bridages de l'éolienne.

7 ANALYSE DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PARC EOLIEN

7.1 HYPOTHESES ET MODELISATION

Nos simulations réalisées à l'aide de notre modèle de calcul prévisionnel sont réalisées en fonction de tous les paramètres décrits précédemment.

Le descriptif du modèle utilisé est présenté en annexe 3.

Les différentes vitesses de vent (vitesse et orientation) et les hypothèses retenues sur les conditions météorologiques sont rappelées ci-dessous :

Vent de sud-ouest (225°+/-45°) et de nord-est (45°+/- 45°) à la hauteur standardisée de 10 m :

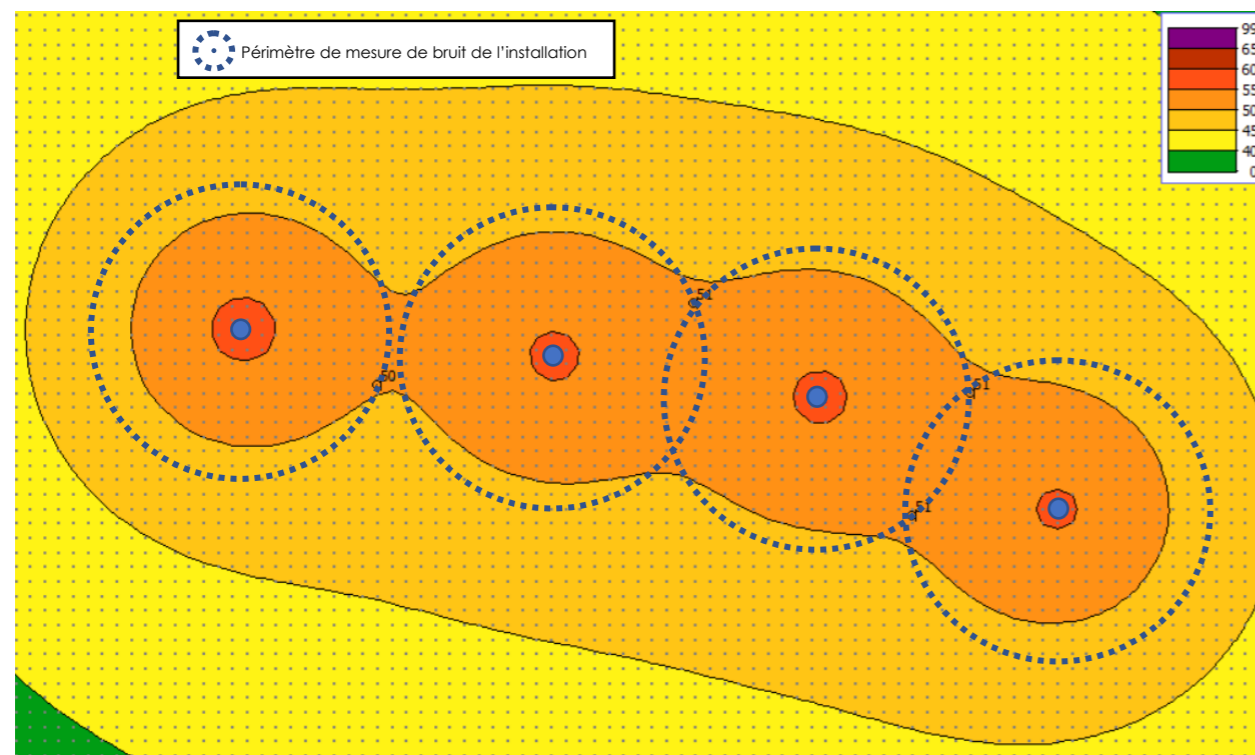
- Vitesse de vent comprise entre 3 et 9 m/s par pas d'un m/s.
- Les vitesses de vent seront arrondies à l'unité. La vitesse comprise entre 5.5 m/s et 6.5 m/s fera partie de la classe de vitesse de vent 6 m/s.

7.2 NIVEAU DE BRUIT AMBIANT SUR LES PERIMETRES DE MESURE DE BRUIT

Nous avons réalisé les calculs des niveaux de bruit ambiant maximums, induits par les éoliennes étudiées du projet de Petit-Verly sur le périmètre de mesure de bruit (soit 197.4 m pour S1 et 205.8 pour S2, S3 et S4)

Ces calculs ont été réalisés pour la puissance acoustique maximale atteinte à partir de la vitesse de vent de 8 m/s à la hauteur de référence de 10 m. Ces niveaux ont été calculés en considérant une propagation du son favorable quel que soit la direction du vent. Une simulation acoustique a été réalisée pour le type d'éoliennes étudié soit la Nordex N131 3.6MW avec $L_w=103.9$ dB(A). La cartographie sonore est présentée ci-dessous.

Figure 8. Cartographie sonore – Nordex N131 3.6MW STE



Les niveaux sonores sont donnés en dB(A)

Les niveaux de bruit particulier calculés pour la Nordex N131 3.6MW ont pour valeur maximale 51 dB(A) au niveau du périmètre de bruit.

Le bruit résiduel retenu pour le calcul du niveau de bruit ambiant est le niveau de bruit résiduel maximum mesuré en zones à émergence réglementée pour chaque cas étudié.

Le tableau suivant rend compte des résultats obtenus pour le type d'éoliennes étudié.

Tableau 4. Niveaux de bruit maximums calculé sur les périmètres de mesure

Point de contrôle	Lp ambiant max	
	Période diurne	Période nocturne
POINT PERIMETRE	51.5 dB(A)	51.0 dB(A)

Pour les catégories de vent étudiées, les niveaux de bruit ambiant maximums calculés sur le périmètre de mesure de bruit respectent les limites imposées par la réglementation aussi bien en période diurne (inférieur à 70 dB(A)) qu'en période nocturne (inférieur à 60 dB(A)). **Ces niveaux sonores sont largement inférieurs aux critères réglementaires (environ 9 dB (A) en dessous pour la période nocturne).**

Le respect de ces limites dans les cas les plus critiques (points les plus exposés, bruits induits par les éoliennes et bruit résiduels maximum) implique la conformité dans les autres cas étudiés. De plus, au-delà de 7 m/s (à la hauteur standardisée de 10 m), les puissances acoustiques des éoliennes restent stables, donc une éventuelle augmentation du niveau de bruit ambiant ne pourrait provenir que de l'accroissement du bruit résiduel avec la vitesse du vent.

7.3 TONALITE MARQUEE

La réglementation applicable concernant la tonalité marquée se réfère au point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997. La tonalité marquée 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 ci-après pour la bande considérée :

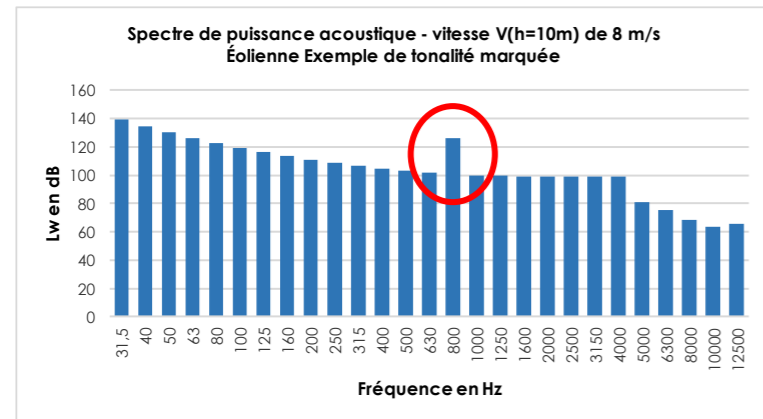
50 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 8000 Hz
10 dB	5 dB	5 dB

Les bandes sont définies par fréquence centrale de tiers d'octave.

Remarque :

Pour qu'une tonalité marquée soit décelée, les différences de niveaux entre la bande de tiers d'octave étudiée et les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures ne doivent pas être toutes supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus (toutes les valeurs des tableaux d'analyse de tonalité marquée doivent être positives).

Un exemple de tonalité marquée est indiqué dans le graphe et le tableau ci-dessous.



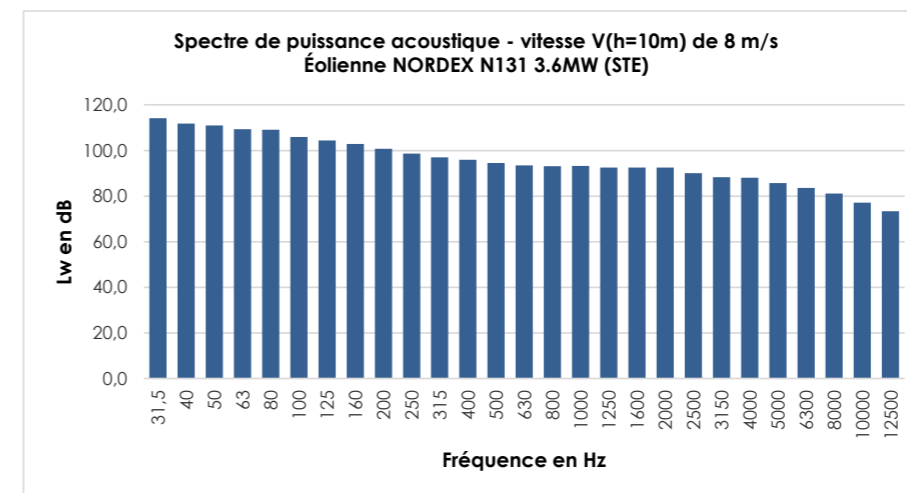
Fréquence en Hz	50	63	80	100	125	160	200	250	315		
Différences de niveaux en dB	N-1	-4,4	-4,0	-3,7	-3,4	-3,0	-2,7	-2,5	-2,3	-2,0	
	N-2	-9,2	-8,4	-7,7	-7,1	-6,4	-5,7	-5,2	-4,8	-4,3	
	N+1	4,0	3,7	3,4	3,0	2,7	2,5	2,3	2,0	1,8	
	N+2	7,7	7,1	6,4	5,7	5,2	4,8	4,3	3,8	3,4	
Fréquence en Hz	400	500	630	800	1000	1250					
Différences de niveaux en dB	N-1	-1,8	-1,6	-1,3	23,9	-25,8	-0,6				
	N-2	-3,8	-3,4	-2,9	22,6	-1,9	-26,4				
	N+1	1,6	1,3	-23,9	25,8	0,6	0,4				
	N+2	2,9	-22,6	1,9	26,4	1,0	0,6				
Fréquence en Hz	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000			
Différences de niveaux en dB	N-1	-0,4	-0,2	-0,1	0,1	0,2	-17,9	-6,0	-6,4		
	N-2	-1,0	-0,6	-0,3	0,0	0,3	-17,7	-23,9	-12,4		
	N+1	0,2	0,1	-0,1	-0,2	17,9	6,0	6,4	5,0		
	N+2	0,3	0,0	-0,3	17,7	23,9	12,4	11,4	3,2		

Les tableaux de tonalité marquée sont données pour la Nordex N131 3.6MW.

Tableau 5. Tableau des niveaux de puissance acoustique d'une Nordex N131 3.6MW STE par bande de tiers d'octave

Fréquence en (Hz)	Lw 1/3 octave dB(A) - Hauteur ref. 10 m									
	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	63,9	64,6	70,4	74,1	74,5	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8
40	66,3	67,0	72,8	76,5	76,9	77,2	77,2	77,2	77,2	77,2
50	69,9	70,6	76,4	80,1	80,5	80,8	80,8	80,8	80,8	80,8
63	72,2	72,9	78,7	82,4	82,8	83,1	83,1	83,1	83,1	83,1
80	75,7	76,4	82,2	85,9	86,3	86,6	86,6	86,6	86,6	86,6
100	76,0	76,7	82,5	86,2	86,6	86,9	86,9	86,9	86,9	86,9
125	77,4	78,1	83,9	87,6	88,0	88,3	88,3	88,3	88,3	88,3
160	78,6	79,3	85,1	88,8	89,2	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5
200	79,0	79,7	85,5	89,2	89,6	89,9	89,9	89,9	89,9	89,9
250	79,2	79,9	85,7	89,4	89,8	90,1	90,1	90,1	90,1	90,1
315	79,5	80,2	86,0	89,7	90,1	90,4	90,4	90,4	90,4	90,4
400	80,3	81,0	86,8	90,5	90,9	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2
500	80,4	81,1	86,9	90,6	91,0	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3
630	80,7	81,4	87,2	90,9	91,3	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6
800	81,4	82,1	87,9	91,6	92,0	92,3	92,3	92,3	92,3	92,3
1000	82,4	83,1	88,9	92,6	93,0	93,3	93,3	93,3	93,3	93,3
1250	82,2	82,9	88,7	92,4	92,8	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1
1600	82,6	83,3	89,1	92,8	93,2	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5
2000	82,8	83,5	89,3	93,0	93,4	93,7	93,7	93,7	93,7	93,7
2500	80,5	81,2	87,0	90,7	91,1	91,4	91,4	91,4	91,4	91,4
3150	78,6	79,3	85,1	88,8	89,2	89,5	89,5	89,5	89,5	89,5
4000	78,2	78,9	84,7	88,4	88,8	89,1	89,1	89,1	89,1	89,1
5000	75,3	76,0	81,8	85,5	85,9	86,2	86,2	86,2	86,2	86,2
6300	72,6	73,3	79,1	82,8	83,2	83,5	83,5	83,5	83,5	83,5
8000	69,2	69,9	75,7	79,4	79,8	80,1	80,1	80,1	80,1	80,1
10000	63,7	64,4	70,2	73,9	74,3	74,6	74,6	74,6	74,6	74,6
12500	58,2	58,9	64,7	68,4	68,8	69,1	69,1	69,1	69,1	69,1

Figure 9. Graphique des niveaux de puissance acoustique d'une Nordex N131 3.6MW STE par bande de tiers d'octave à la vitesse de 8 m/s



L'analyse de la tonalité marquée pour la vitesse de 8 m/s (à la puissance nominale) est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 6. Analyse de la tonalité marquée - Nordex N131 3.6MW STE

Fréquence en Hz		50	63	80	100	125	160	200	250	315
Différences de niveaux en dB	N-1	-0,8	-1,7	-0,2	-3,1	-1,6	-1,5	-2,1	-2,1	-1,7
	N-2	-3,2	-2,5	-1,9	-3,3	-4,7	-3,1	-3,6	-4,2	-3,8
	N+1	1,7	0,2	3,1	1,6	1,5	2,1	2,1	1,7	1,0
	N+2	1,9	3,3	4,7	3,1	3,6	4,2	3,8	2,7	2,5
Fréquence en Hz		400	500	630	800	1000	1250			
Différences de niveaux en dB	N-1	-1,0	-1,5	-1,0	-0,4	0,2	-0,8			
	N-2	-2,7	-2,5	-2,5	-1,4	-0,2	-0,6			
	N+1	1,5	1,0	0,4	-0,2	0,8	0,0			
	N+2	2,5	1,4	0,2	0,6	0,8	0,0			
Fréquence en Hz		1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	
Différences de niveaux en dB	N-1	0,0	0,0	-2,4	-1,8	-0,2	-2,4	-2,1	-2,4	
	N-2	-0,8	0,0	-2,4	-4,2	-2,0	-2,6	-4,5	-4,5	
	N+1	0,0	2,4	1,8	0,2	2,4	2,1	2,4	4,1	
	N+2	2,4	4,2	2,0	2,6	4,5	4,5	6,5	7,8	

Les différences de niveaux entre la bande de tiers d'octave étudiée et les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures ne sont pas toutes supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau du paragraphe 7.3

Par conséquent, les caractéristiques de l'éolienne Nordex N131 3.6MW STE par bande de tiers d'octave ne présentent pas de tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe à l'arrêté du 23 janvier 1997.

7.4 IMPACT ACOUSTIQUE EN ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE

Les premiers calculs ont été réalisés en considérant les 4 éoliennes du projet de Petit-Verly en fonctionnement standard. Des dépassements d'émergences ont été constatés et un plan de gestion a été envisagé. Pour chaque catégorie de vent (vitesse et orientation), nous avons défini le plan de gestion sonore des éoliennes qui permet de respecter la réglementation en termes d'urgence et/ou de niveaux de bruit ambiant.

Remarques : Un bridage correspond à un fonctionnement réduit de l'éolienne permettant une diminution des émissions sonores.

Les tableaux de synthèse suivants présentent les résultats des simulations pour le modèle d'éolienne étudié.


VENT DE SUD-OUEST


Les tableaux suivants présentent la synthèse des résultats d'impact sonore de jour et de nuit pour un vent de sud-ouest lorsque toutes les éoliennes de type Nordex N131 3.6MW STE du parc sont en fonctionnement normal.

VENT SUD-OUEST - PÉRIODE JOUR								
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L eol	15,0	15,8	21,5	25,3	25,3	25,7	25,6
	L res	32,5	33,5	34,5	37,0	40,0	42,0	44,5
	L amb	32,5	33,5	34,5	37,5	40,0	42,0	44,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	0,0	0,0	0,0
La Demi-Lieue	L eol	17,9	18,7	24,5	28,3	28,6	29,0	29,0
	L res	27,0	27,5	28,5	30,5	34,5	36,5	40,5
	L amb	27,5	28,0	30,0	32,5	35,5	37,0	41,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	1,0	0,5	0,5
Le Chêne Sec	L eol	22,5	23,2	29,0	32,7	32,8	33,2	33,1
	L res	26,5	29,5	31,0	34,5	40,0	42,5	45,0
	L amb	28,0	30,5	33,0	36,5	41,0	43,0	45,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	2,0	1,0	0,5	0,5
Le Thiolet	L eol	24,2	25,0	30,7	34,4	34,5	34,9	34,8
	L res	33,0	32,5	34,5	36,0	37,5	38,5	40,5
	L amb	33,5	33,0	36,0	38,5	39,5	40,0	41,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	1,5	2,5	2,0	1,5	1,0
Grougis	L eol	20,3	20,2	24,3	26,8	25,7	25,1	26,2
	L res	30,5	30,5	33,0	34,5	36,0	38,0	40,5
	L amb	31,0	31,0	33,5	35,0	36,5	38,0	40,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	0,0	0,0
Grand-Verly	L eol	18,6	19,4	25,2	28,8	28,8	29,2	29,1
	L res	30,0	31,5	32,0	35,0	38,0	40,0	43,0
	L amb	30,5	32,0	33,0	36,0	38,5	40,5	43,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	1,0	0,5	0,5	0,0
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L res	33,0	34,5	36,5	37,5	38,5	40,0	41,0
	L amb	33,0	34,5	36,5	38,0	39,0	40,0	41,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

 Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011


 Risque de dépassement des valeurs autorisées


VENT SUD-OUEST - PÉRIODE NUIT

Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L eol	15,0	15,8	21,5	25,3	25,3	25,7	25,6
	L res	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
	L amb	26,5	27,0	27,5	31,0	33,5	36,0	38,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5
La Demi-Lieue	L eol	17,9	18,7	24,5	28,3	28,6	29,0	29,0
	L res	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0
	L amb	23,0	24,0	27,5	30,5	32,5	35,0	37,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5
Le Chêne Sec	L eol	22,5	23,2	29,0	32,7	32,8	33,2	33,1
	L res	20,5	21,0	21,5	24,5	26,0	29,5	34,0
	L amb	24,5	25,5	29,5	33,5	33,5	34,5	36,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	2,5
Le Thiolet	L eol	24,2	25,0	30,7	34,4	34,5	34,9	34,8
	L res	24,0	25,5	27,0	30,5	32,5	34,5	37,0
	L amb	27,0	28,5	32,5	36,0	36,5	37,5	39,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	5,5	4,0	3,0	2,0
Grougis	L eol	20,3	20,2	24,3	26,8	25,7	25,1	26,2
	L res	27,0	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0
	L amb	28,0	28,5	30,5	32,0	33,0	33,5	34,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*
Grand-Verly	L eol	18,6	19,4	25,2	28,8	28,8	29,2	29,1
	L res	23,5	24,0	26,0	27,5	29,5	33,5	37,0
	L amb	24,5	25,5	28,5	31,0	32,0	35,0	37,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L res	24,0	26,0	26,5	31,0	31,5	34,0	36,0
	L amb	24,5	26,5	28,0	32,5	32,5	34,5	36,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

 Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011

 Risque de dépassement des valeurs autorisées

Lors du fonctionnement des éoliennes du projet de Petit-Verly pour un vent de sud-ouest, on constate un risque de dépassement des exigences réglementaires pour la période nocturne.

Pour chaque catégorie de vent (vitesse et orientation de sud-ouest), nous avons donc défini le plan de gestion sonore des éoliennes qui permet de respecter la réglementation en termes d'émergence et/ou de niveaux de bruit ambiant.

Le plan de gestion étudié est indiqué dans le tableau ci-dessous.

PLAN DE BRIDAGE							
VENT SUD-OUEST - PÉRIODE JOUR							
V à 10 m	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V (HH)	[3,6 ; 5]	[5 ; 6,5]	[6,5 ; 7,9]	[7,9 ; 9,4]	[9,4 ; 10,8]	[10,8 ; 12,2]	[12,2 ; 13,7]
S1	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S2	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S3	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S4	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std


PLAN DE BRIDAGE							
VENT SUD-OUEST - PÉRIODE NUIT							
V à 10 m	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V (HH)	[3,6 ; 5]	[5 ; 6,5]	[6,5 ; 7,9]	[7,9 ; 9,4]	[9,4 ; 10,8]	[10,8 ; 12,2]	[12,2 ; 13,7]
S1	Std	Std	Std	Mode 5	Mode 5	Std	Std
S2	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S3	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S4	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std


La synthèse des résultats d'impact acoustique en ZER avec ce plan de gestion sonore pour la période nocturne est présentée dans le tableau suivant.

VENT SUD-OUEST - PÉRIODE NUIT									
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	
Petit-Verly	L eol	15,0	15,8	21,5	24,4	24,4	25,7	25,6	
	L res	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5	
	L amb	26,5	27,0	27,5	30,5	33,0	36,0	38,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	0,0
La Demi-Lieue	L eol	17,9	18,7	24,5	27,8	28,0	29,0	29,0	
	L res	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0	
	L amb	23,0	24,0	27,5	30,5	32,0	35,0	37,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	0,0
Le Chêne Sec	L eol	22,5	23,2	29,0	31,8	31,8	33,2	33,1	
	L res	20,5	21,0	21,5	24,5	26,0	29,5	34,0	
	L amb	24,5	25,5	29,5	32,5	33,0	34,5	36,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	2,5	0,0
Le Thiolet	L eol	24,2	25,0	30,7	32,8	32,8	34,9	34,8	
	L res	24,0	25,5	27,0	30,5	32,5	34,5	37,0	
	L amb	27,0	28,5	32,5	35,0	35,5	37,5	39,0	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	3,0	3,0
Grougis	L eol	20,3	20,2	24,3	24,1	22,7	25,1	26,2	
	L res	27,0	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0	
	L amb	28,0	28,5	30,5	31,5	32,5	33,5	34,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	
Grand-Verly	L eol	18,6	19,4	25,2	28,6	28,6	29,2	29,1	
	L res	23,5	24,0	26,0	27,5	29,5	33,5	37,0	
	L amb	24,5	25,5	28,5	31,0	32,0	35,0	37,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,2	26,1	26,7	26,5	
	L res	24,0	26,0	26,5	31,0	31,5	34,0	36,0	
	L amb	24,5	26,5	28,0	32,0	32,5	34,5	36,5	
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5	

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

 Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011

 Risque de dépassement des valeurs autorisées

Les résultats indiquent que ce plan de gestion permet d'obtenir le respect des valeurs réglementaires aux niveaux des ZER retenues pour un vent de sud-ouest (fonctionnement des éoliennes du projet de Petit-Verly).


VENT DE NORD-EST


Les tableaux suivants présentent la synthèse des résultats d'impact sonore de jour et de nuit pour un vent de nord-est lorsque toutes les éoliennes de type Nordex N131 3.6MW STE du parc sont en fonctionnement normal.

VENT NORD-EST - PÉRIODE JOUR								
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L eol	7,0	5,7	9,8	12,0	9,3	8,3	9,7
	L res	32,5	33,5	34,5	37,0	40,0	42,0	44,5
	L amb	32,5	33,5	34,5	37,0	40,0	42,0	44,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0	0,0	0,0	0,0
La Demi-Lieue	L eol	5,1	2,3	4,4	5,3	2,3	0,4	3,0
	L res	27,0	27,5	28,5	30,5	34,5	36,5	40,5
	L amb	27,0	27,5	28,5	30,5	34,5	36,5	40,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0	0,0
Le Chêne Sec	L eol	20,0	20,3	25,1	28,1	27,5	27,4	27,8
	L res	26,5	29,5	31,0	34,5	40,0	42,5	45,0
	L amb	27,5	30,0	32,0	35,5	40,0	42,5	45,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	1,0	0,0	0,0	0,0
Le Thiolet	L eol	23,5	24,1	29,6	33,1	33,0	33,2	33,3
	L res	33,0	32,5	34,5	36,0	37,5	38,5	40,5
	L amb	33,5	33,0	35,5	38,0	39,0	39,5	41,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	1,0	2,0	1,5	1,0	1,0
Grougis	L eol	23,9	24,7	30,5	34,2	34,5	34,8	34,8
	L res	30,5	30,5	33,0	34,5	36,0	38,0	40,5
	L amb	31,5	31,5	35,0	37,5	38,5	39,5	41,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	3,0	2,5	1,5	1,0
Grand-Verly	L eol	15,4	15,5	19,9	22,5	21,4	20,9	21,8
	L res	30,0	31,5	32,0	35,0	38,0	40,0	43,0
	L amb	30,0	31,5	32,5	35,0	38,0	40,0	43,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0	0,0	0,0
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L res	33,0	34,5	36,5	37,5	38,5	40,0	41,0
	L amb	33,0	34,5	36,5	38,0	39,0	40,0	41,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

 Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011

 Risque de dépassement des valeurs autorisées

VENT NORD-EST - PÉRIODE NUIT								
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L eol	7,0	5,7	9,8	12,0	9,3	8,3	9,7
	L res	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
	L amb	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
La Demi-Lieue	L eol	5,1	2,3	4,4	5,3	2,3	0,4	3,0
	L res	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0
	L amb	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
Le Chêne Sec	L eol	20,0	20,3	25,1	28,1	27,5	27,4	27,8
	L res	20,5	21,0	21,5	24,5	26,0	29,5	34,0
	L amb	23,5	23,5	26,5	29,5	30,0	31,5	35,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*
Le Thiolet	L eol	23,5	24,1	29,6	33,1	33,0	33,2	33,3
	L res	24,0	25,5	27,0	30,5	32,5	34,5	37,0
	L amb	27,0	28,0	31,5	35,0	36,0	37,0	38,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	3,5	2,5	1,5
Grougis	L eol	23,9	24,7	30,5	34,2	34,5	34,8	34,8
	L res	27,0	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0
	L amb	29,0	29,5	33,0	35,5	36,5	37,0	37,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	5,0	4,5	4,0	3,5
Grand-Verly	L eol	15,4	15,5	19,9	22,5	21,4	20,9	21,8
	L res	23,5	24,0	26,0	27,5	29,5	33,5	37,0
	L amb	24,0	24,5	27,0	28,5	30,0	33,5	37,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L res	24,0	26,0	26,5	31,0	31,5	34,0	36,0
	L amb	24,5	26,5	28,0	32,5	32,5	34,5	36,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

	Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011
	Risque de dépassement des valeurs autorisées

Lors du fonctionnement des éoliennes du projet de Petit-Verly pour un vent de nord-est, on constate un risque de dépassement des exigences réglementaires pour la période nocturne.

Pour chaque catégorie de vent (vitesse et orientation de nord-est), nous avons donc défini le plan de gestion sonore des éoliennes qui permet de respecter la réglementation en termes d'émergence et/ou de niveaux de bruit ambiant.

Le plan de gestion étudié est indiqué dans le tableau ci-dessous.

PLAN DE BRIDAGE							
VENT NORD-EST - PÉRIODE JOUR							
V à 10 m	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V (HH)	[3,6 ; 5]	[5 ; 6,5]	[6,5 ; 7,9]	[7,9 ; 9,4]	[9,4 ; 10,8]	[10,8 ; 12,2]	[12,2 ; 13,7]
S1	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S2	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S3	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S4	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std

PLAN DE BRIDAGE							
VENT NORD-EST - PÉRIODE NUIT							
V à 10 m	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V (HH)	[3,6 ; 5]	[5 ; 6,5]	[6,5 ; 7,9]	[7,9 ; 9,4]	[9,4 ; 10,8]	[10,8 ; 12,2]	[12,2 ; 13,7]
S1	Std	Std	Std	Mode 4	Mode 5	Mode 5	Mode 2
S2	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S3	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std
S4	Std	Std	Std	Std	Std	Std	Std

La synthèse des résultats d'impact acoustique en ZER avec ce plan de gestion sonore pour la période nocturne est présentée dans le tableau suivant.

VENT NORD-EST - PÉRIODE NUIT								
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L eol	7,0	5,7	9,8	11,7	9,3	8,3	9,7
	L res	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
	L amb	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
La Demi-Lieue	L eol	5,1	2,3	4,4	5,3	2,3	0,4	3,0
	L res	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0
	L amb	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
Le Chêne Sec	L eol	20,0	20,3	25,1	28,0	27,2	27,2	27,8
	L res	20,5	21,0	21,5	24,5	26,0	29,5	34,0
	L amb	23,5	23,5	26,5	29,5	29,5	31,5	35,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*
Le Thiolet	L eol	23,5	24,1	29,6	32,6	32,0	32,3	33,0
	L res	24,0	25,5	27,0	30,5	32,5	34,5	37,0
	L amb	27,0	28,0	31,5	34,5	35,5	36,5	38,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	3,0	2,0	1,5
Grougis	L eol	23,9	24,7	30,5	33,3	32,4	32,7	34,3
	L res	27,0	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0
	L amb	29,0	29,5	33,0	35,0	35,0	36,0	37,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	3,0	3,0
Grand-Verly	L eol	15,4	15,5	19,9	22,4	21,3	20,8	21,8
	L res	23,5	24,0	26,0	27,5	29,5	33,5	37,0
	L amb	24,0	24,5	27,0	28,5	30,0	33,5	37,0
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,0
Vadencourt	L eol	16,4	17,2	22,9	26,3	26,1	26,4	26,5
	L res	24,0	26,0	26,5	31,0	31,5	34,0	36,0
	L amb	24,5	26,5	28,0	32,5	32,5	34,5	36,5
	Émergence	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	LambS35*	0,5

* Bruit ambiant inférieur à 35 dB(A)

L eol : bruit particulier des éoliennes étudiées - L res : bruit résiduel en dB(A) - L amb : bruit ambiant en dB(A) - E : émergence en dB(A)

	Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011
	Risque de dépassement des valeurs autorisées

Les résultats indiquent que ce plan de gestion permet d'obtenir le respect des valeurs réglementaires aux niveaux des ZER retenues pour un vent de nord-est (fonctionnement des éoliennes du projet de Petit-Verly).

7.5 SYNTHÈSE DES RESULTATS ET COMMENTAIRES



Les tableaux de synthèse suivants indiquent, en fonction des différents paramètres, la probabilité d'être ou non conforme aux objectifs à respecter.

Il tient compte de différents paramètres : la provenance du vent (nord-est et sud-ouest), sa vitesse et de la période jour ou nuit.

Tableau 7. *Synthèse des résultats après bridage pour les types d'éolienne (Petit-Verly)*

Vent de sud-ouest et de nord-est							
	Période diurne						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly							
La Demi-Lieue							
Le Chêne Sec							
Le Thiolet							
Grougis							
Grand-Verly							
Vadencourt							

	Période nocturne						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly							
La Demi-Lieue							
Le Chêne Sec							
Le Thiolet							
Grougis							
Grand-Verly							
Vadencourt							

	Conformité évaluée / arrêté du 26 août 2011
	Risque de dépassement de l'émergence autorisée

Par vent de sud-ouest et de nord-est, l'estimation des niveaux sonores générés aux voisinages par le fonctionnement des éoliennes du parc éolien de Petit-Verly indique que la réglementation applicable sera respectée en zones à émergences réglementées et sur les périmètres de mesure avec le plan de gestion défini au préalable.

Néanmoins, pour valider de façon définitive la conformité et le plan de gestion du fonctionnement des éoliennes indiqué dans cette étude, **le Maître d'ouvrage réalisera une campagne de mesures acoustiques au niveau des différentes zones à émergences réglementées sous 12 mois après la mise en fonctionnement des installations.** Ces mesures de contrôle devront s'effectuer pour les différentes configurations de vent et périodes (jour, nuit). Cette campagne de mesures devra se faire selon les dispositions du protocole de mesure de l'impact acoustique d'un parc éolien terrestre dans sa version du 21 octobre 2021. **Les résultats des mesures permettront, le cas échéant, d'adapter le fonctionnement des éoliennes aux conditions réelles de l'exploitation.**

8 IMPACT ACOUSTIQUE CUMULE

8.1 SIMULATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE CUMULE

L'impact sonore a été réalisé en tenant compte des parcs éoliens en instruction avec avis ou accordés situés à moins de 4 km du projet, au-delà l'impact sonore étant négligeable.

Les coordonnées géographiques des éoliennes (Lambert 93) des parcs voisins sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 8. *Coordonnées en Lambert 93 des parcs éoliens voisins*

NOM PARC	WTG n°	X [m]	Y [m]	MODELE	TYPE EOL	HAUTEUR MOYEUE [m]
Parc éolien de la Voie Verte	T1	741 685	6 984 046	Nordex	N131	84
	T2	741 653	6 984 512	Nordex	N131	84
	T3	741 837	6 985 075	Nordex	N131	99
	T4	742 340	6 985 262	Nordex	N131	99
	T5	742 181	6 984 719	Nordex	N131	99
	T6	742 183	6 984 216	Nordex	N131	99
Parc éolien de la Région de Guise	RG1	738 242	6 980 288	Nordex	N117	106
	RG2	737 958	6 980 611	Nordex	N117	106
	RG3	738 533	6 980 580	Nordex	N117	106
	RG4	738 195	6 980 945	Nordex	N117	106
	RG5	736 766	6 980 187	Nordex	N117	106
	RG6	737 712	6 979 933	Nordex	N117	106
	RG7	737 230	6 980 052	Nordex	N117	106

8.2 ANALYSE DE L'IMPACT CUMULE

L'analyse des impacts cumulés doit se faire au cas par cas. Il n'y a souvent pas de tendance générale car les impacts vont dépendre de chaque voisinage, de l'orientation de vent et parfois de la vitesse de vent selon l'évolution des puissances acoustiques des éoliennes.

Une comparaison des niveaux de bruit particulier de chaque parc et du cumul induit va être réalisée. Celle-ci va permettre d'étudier la différence entre les niveaux sonores cumulés et le parc ayant les niveaux de bruit particulier les plus élevés au niveau des ZER étudiées.

Lorsque la différence tend vers zéro, cela signifie qu'un des deux parcs étudiés génère des niveaux sonores significativement supérieurs à l'autre. Dans ce cas, l'impact cumulé est essentiellement dû à un des deux parcs (indiqué comme influence prédominante, en vert dans les tableaux ci-après).

Dans le cas contraire, c'est-à-dire que la différence des niveaux de bruit particulier de chaque parc s'approche de 3 dB(A), chaque parc a une contribution équivalente en un point de contrôle. Dans ce cas, lors de la réception acoustique, une vigilance accrue devra être exercée et les plans de bridage de chaque parc devront être strictement respectés (indiqué comme influence équivalente, en orange dans les tableaux ci-après).

Les tableaux ci-dessous présentent les contributions sonores du parc du Petit Verly, d'une part, et de la Voie Verte et de la Région de Guise, d'autre part. Ces résultats ont été calculés à chacun des points de contrôle étudié, pour chaque orientation de vent dominant.

La contribution des parcs du Petit Verly et des parcs voisins est présentée indépendamment ainsi que la contribution cumulée des parcs.

Nous donnons ci-dessous la signification des termes utilisés dans les tableaux des pages suivantes :

- L parc Petit Verly : niveau de bruit particulier généré par le parc du Petit Verly (en dB(A)) ;
- L autres parcs : niveau de bruit particulier généré par les parcs de la Voie Verte et de la Région de Guise (en dB(A)) ;
- L total : niveau de bruit particulier généré par l'ensemble de l'activité (bruit résiduel et bruit particulier de l'ensemble des parcs en dB(A))

N.B. : A titre indicatif, une différence de 10 dB(A) de contribution sonore entre deux sources de bruit entraîne une augmentation inférieure à 0.5 dB(A) sur la source la plus bruyante. Cela signifie que, dans ce cas, l'impact acoustique de la source la plus silencieuse est non significatif par rapport à la source la plus bruyante.

VENT DE SUD-OUEST

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats d'impact sonore cumulé de jour et de nuit lorsque toutes les éoliennes des parcs éoliens étudiés sont en fonctionnement standard.

		VENT SUD-OUEST						
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L parc Petit Verly	15,0	15,8	21,5	25,3	25,3	25,7	25,6
	L autres parcs	13,0	14,1	19,4	22,4	22,8	22,6	23,3
	L total	17,1	18,0	23,6	27,1	27,2	27,5	27,6
	différence Ltot - Lparc eol max	2,1	2,2	2,1	1,8	1,9	1,7	2,0
La Demi-Lieue	L parc Petit Verly	17,9	18,7	24,5	28,3	28,6	29,0	29,0
	L autres parcs	23,8	24,2	29,2	32,4	32,7	32,5	33,3
	L total	24,8	25,3	30,5	33,8	34,1	34,1	34,6
	différence Ltot - Lparc eol max	1,0	1,1	1,3	1,4	1,4	1,6	1,4
Le Chêne Sec	L parc Petit Verly	22,5	23,2	29,0	32,7	32,8	33,2	33,1
	L autres parcs	11,0	13,3	18,4	21,1	21,7	21,8	22,1
	L total	22,8	23,7	29,4	33,0	33,2	33,5	33,5
	différence Ltot - Lparc eol max	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Le Thiolet	L parc Petit Verly	24,2	25,0	30,7	34,4	34,5	34,9	34,8
	L autres parcs	11,6	14,2	19,6	22,4	23,0	23,2	23,2
	L total	24,4	25,3	31,0	34,6	34,8	35,2	35,1
	différence Ltot - Lparc eol max	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Grougis	L parc Petit Verly	20,3	20,2	24,3	26,8	25,7	25,1	26,2
	L autres parcs	15,6	18,0	23,5	26,2	26,7	26,8	26,8
	L total	21,5	22,3	26,9	29,5	29,3	29,0	29,5
	différence Ltot - Lparc eol max	1,3	2,1	2,6	2,7	2,5	2,3	2,7
Grand-Verly	L parc Petit Verly	18,6	19,4	25,2	28,8	28,8	29,2	29,1
	L autres parcs	16,1	17,1	22,1	24,8	25,3	25,2	25,9
	L total	20,5	21,4	26,9	30,3	30,4	30,7	30,8
	différence Ltot - Lparc eol max	1,9	2,0	1,7	1,5	1,6	1,4	1,7
Vadencourt	L parc Petit Verly	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L autres parcs	14,7	17,3	22,7	25,5	26,2	26,4	26,4
	L total	18,6	20,2	25,8	29,0	29,3	29,6	29,5
	différence Ltot - Lparc eol max	2,3	3,0	2,9	2,6	2,9	2,8	3,0

L parc Petit Verly : bruit particulier des éoliennes étudiées - L autres parcs : bruit particulier des parcs voisins - L total : bruit particulier cumulé
L parc eol max : bruit particulier du parc ayant les contributions sonores les plus élevées

	Influence prédominante de l'un des parcs sur le niveau de bruit total
	Influence équivalente des parcs sur le niveau de bruit total

Pour un vent de secteur Sud-Ouest, l'impact des deux parcs est suffisamment différent pour que l'un n'influe pas sauf au niveau des points de Petit Verly pour les vitesses de 3 à 5 m/s et de 9 m/s, de Grougis pour les vitesses de 3 à 9 m/s, de Grand Verly pour la vitesse de 4 m/s et de Vadencourt pour les vitesses de 3 à 9 m/s. Cependant, les niveaux sonores cumulés en ces points sont inférieurs à 35 dB(A) donc conforme à la réglementation).

L'impact acoustique cumulé sera réévalué suite aux mesures de réception acoustique des projets qui interviendront dans les premiers mois suivant la mise en exploitation des différents parcs.

VENT DE NORD-EST

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats d'impact sonore cumulé de jour et de nuit lorsque toutes les éoliennes des parcs éoliens étudiés sont en fonctionnement standard.

		VENT NORD-EST						
Vitesse du vent (ref 10 m)		3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
Petit-Verly	L parc Petit Verly	7,0	5,7	9,8	12,0	9,3	8,3	9,7
	L autres parcs	16,6	17,3	23,1	26,9	27,3	27,6	27,6
	L total	17,1	17,6	23,3	27,0	27,4	27,7	27,7
	différence Ltot - Lparc eol max	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
La Demi-Lieue	L parc Petit Verly	5,1	2,3	4,4	5,3	2,3	0,4	3,0
	L autres parcs	26,1	26,8	32,6	36,3	36,8	37,1	37,1
	L total	26,1	26,8	32,6	36,3	36,8	37,1	37,1
	différence Ltot - Lparc eol max	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Le Chêne Sec	L parc Petit Verly	20,0	20,3	25,1	28,1	27,5	27,4	27,8
	L autres parcs	17,3	18,0	23,8	27,6	28,1	28,5	28,5
	L total	21,9	22,3	27,5	30,9	30,8	31,0	31,2
	différence Ltot - Lparc eol max	1,9	2,0	2,4	2,8	2,7	2,5	2,7
Le Thiolet	L parc Petit Verly	23,5	24,1	29,6	33,1	33,0	33,2	33,3
	L autres parcs	15,7	16,5	22,3	26,1	26,6	27,1	27,1
	L total	24,2	24,8	30,4	33,9	33,9	34,1	34,2
	différence Ltot - Lparc eol max	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
Grougis	L parc Petit Verly	23,9	24,7	30,5	34,2	34,5	34,8	34,8
	L autres parcs	13,3	14,2	19,7	23,3	23,9	24,3	24,5
	L total	24,3	25,1	30,8	34,5	34,8	35,2	35,2
	différence Ltot - Lparc eol max	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Grand-Verly	L parc Petit Verly	15,4	15,5	19,9	22,5	21,4	20,9	21,8
	L autres parcs	19,3	20,1	25,9	29,7	30,1	30,5	30,5
	L total	20,8	21,4	26,9	30,4	30,7	30,9	31,0
	différence Ltot - Lparc eol max	1,5	1,3	1,0	0,8	0,5	0,5	0,5
Vadencourt	L parc Petit Verly	16,4	17,2	22,9	26,5	26,3	26,7	26,5
	L autres parcs	13,9	14,7	20,5	24,3	24,9	25,3	25,3
	L total	18,3	19,1	24,9	28,6	28,7	29,1	29,0
	différence Ltot - Lparc eol max	2,0	2,0	2,0	2,1	2,3	2,3	2,4

L parc Petit Verly : bruit particulier des éoliennes étudiées - L autres parcs : bruit particulier des parcs voisins - L total : bruit particulier cumulé
L parc eol max : bruit particulier du parc ayant les contributions sonores les plus élevées

	Influence prédominante de l'un des parcs sur le niveau de bruit total
	Influence équivalente des parcs sur le niveau de bruit total

Pour un vent de secteur Nord-Est, l'impact entre le parc étudié et les parcs voisins est suffisamment différent pour que l'un n'influe pas sur l'autre sauf au niveau du Grand Chêne pour les vitesses de 4 à 9 m/s et de Vadencourt pour les vitesses de 6 à 9 m/s mais les niveaux sonores cumulés en ces points sont inférieurs à 35 dB(A) donc conforme à la réglementation.

L'impact acoustique cumulé sera réévalué suite aux mesures de réception acoustique des projets qui interviendront dans les premiers mois suivant la mise en exploitation des différents parcs.

9 CONCLUSION

La société **NOTUS ENERGIE FRANCE SERVICES** a confié à Delhom Acoustique une étude acoustique ayant pour but d'évaluer les niveaux sonores générés au voisinage par un projet de parc éolien sur les communes de Grougis et de Petit-Verly (02).

L'activité de ce parc éolien s'exerce dans le cadre de l'arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié 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. Elle est également conforme aux autres textes législatifs et réglementaires régissant les études d'impact (articles L.122-1 et suivants et R.122-1 et suivant du Code de l'environnement) et les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (articles L.511-1 et suivants et R.511-1 et suivants du Code de l'environnement).

Notre étude s'est déroulée de la manière suivante :

- Mesures du bruit résiduel en 7 zones à émergence réglementée autour du site, en fonction de la vitesse du vent ;
- Analyse statistique du bruit résiduel aux différentes zones en fonction des vitesses de vents ;
- Définition des objectifs réglementaires ;
- Simulations des niveaux de bruit générés par l'activité en zones à émergence réglementée et sur les périmètres de mesure du bruit de l'installation, selon les conditions météorologiques et le fonctionnement des éoliennes ;
- Analyse des résultats selon les objectifs réglementaires.

Afin de pouvoir estimer les émergences en ZER, nous avons réalisé des mesures des niveaux de bruit résiduel à plusieurs emplacements représentatifs de l'ensemble des zones concernées par les émissions sonores générées par les éoliennes. Pour cela, plusieurs catégories de vitesses de vent dominant de sud-ouest et de nord-est à la hauteur standardisée de 10 m ont été retenues (vitesses comprises entre 3 et 9 m/s inclus par pas de 1 m/s).

La réglementation en vigueur précise que les émergences à ne pas dépasser sont les valeurs maximums admissibles par la réglementation en façade des habitations susceptibles d'être exposées au bruit des éoliennes

(3 dB(A) en période nocturne et 5 dB(A) en période diurne). En effet, les termes de correction dus aux valeurs d'isolement des logements voisins s'appliquent de la même manière sur le bruit ambiant et sur le bruit résiduel. Le respect des valeurs à l'extérieur entraîne donc le respect de ces valeurs d'émergences à l'intérieur des logements. Les résultats des simulations permettent de dégager les probabilités de respecter ces valeurs. La réglementation stipule, en outre, que l'infraction n'est pas constituée lorsque le niveau de bruit ambiant, comportant le bruit particulier, est inférieur à 35 dB(A).

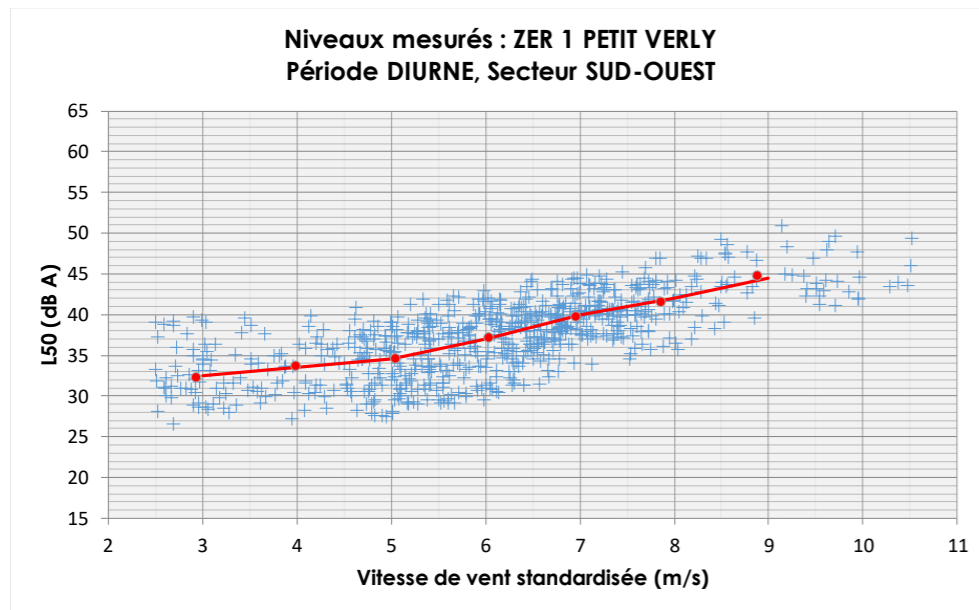
A l'aide de notre modèle de calcul prévisionnel, des simulations de l'impact sonore de l'activité éolienne ont été réalisées pour différentes conditions météorologiques. Dans les premiers calculs réalisés, nous avons considéré toutes les éoliennes en fonctionnement normal. Des risques de dépassement des émergences réglementaires apparaissaient dans certains cas.

Nous avons donc défini des plans de gestion sonore qui permettent de respecter la réglementation en termes d'émergence et/ou de niveaux de bruit ambiant.

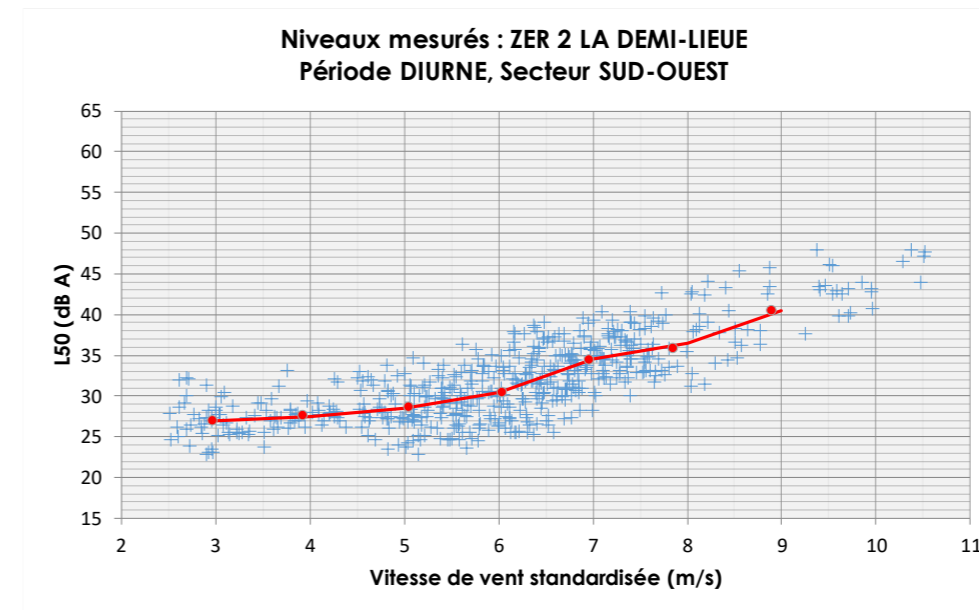
L'estimation des niveaux sonores générés aux voisinages par le fonctionnement des nouvelles éoliennes indique que la réglementation applicable sera respectée par le projet de parc de Petit-Verly en zones à émergences réglementées et sur le périmètre de mesure avec le plan de gestion défini au préalable (l'ensemble des résultats est présenté à l'intérieur de ce rapport).

Néanmoins, pour valider de façon définitive la conformité et le plan de gestion du fonctionnement des éoliennes indiqué dans cette étude, **le Maître d'ouvrage réalisera une campagne de mesures acoustiques dans les 12 mois suivant la mise en service au niveau des différentes zones à émergences réglementées lors de la mise en fonctionnement des installations avec le plan de gestion sonore.** Ces mesures de contrôle devront s'effectuer pour les différentes configurations de vent (notamment pour les directions les plus pénalisantes) et périodes (jour, nuit). Conformément à l'article 28 de l'arrêté du 26 août 2011, cette campagne de mesures devra se faire selon les dispositions du protocole de mesures. **Les résultats des mesures permettront, le cas échéant, d'adapter le fonctionnement des éoliennes (adaptation du plan de bridage) aux conditions réelles de l'exploitation.**

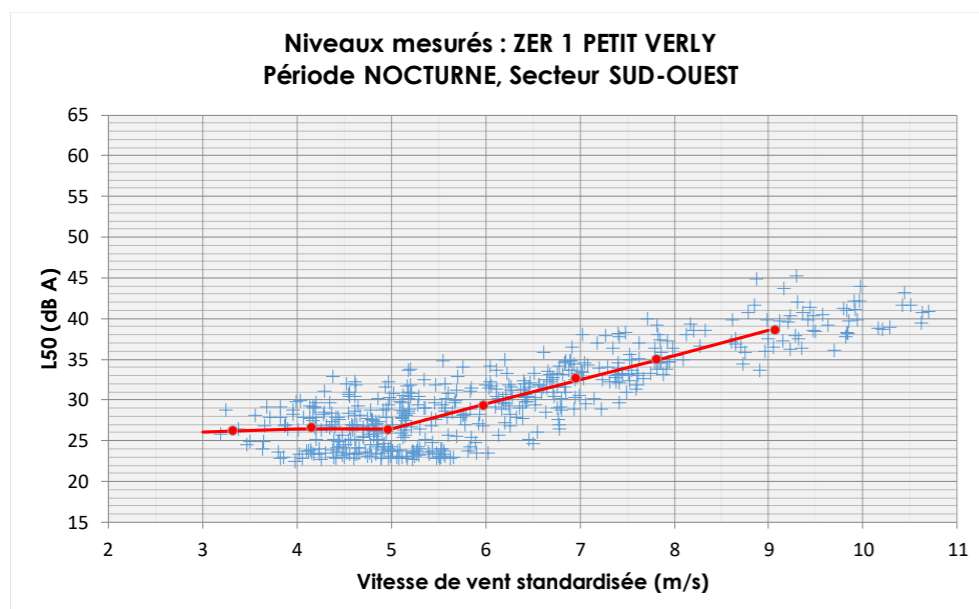
10 ANNEXE 1 : GRAPHES RELATIFS AUX ANALYSES STATISTIQUES



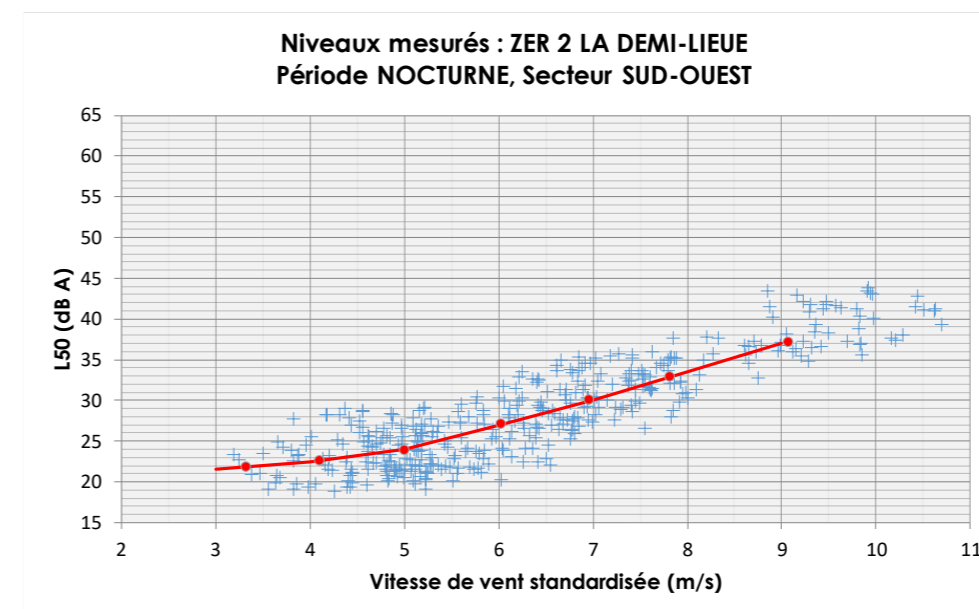
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	2,9	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	32,2	33,7	34,5	37,1	39,8	41,5	44,7
Nb descripteurs	59	47	152	180	178	77	23
Incertitude (dBA)	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5
L50 Vit. Ent. (dBA)	32,5	33,5	34,5	37,0	40,0	42,0	44,5



	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,0	3,9	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	27,0	27,6	28,6	30,5	34,4	35,8	40,5
Nb descripteurs	49	40	103	150	135	47	16
Incertitude (dBA)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	2,0
L50 Vit. Ent. (dBA)	27,0	27,5	28,5	30,5	34,5	36,5	40,5

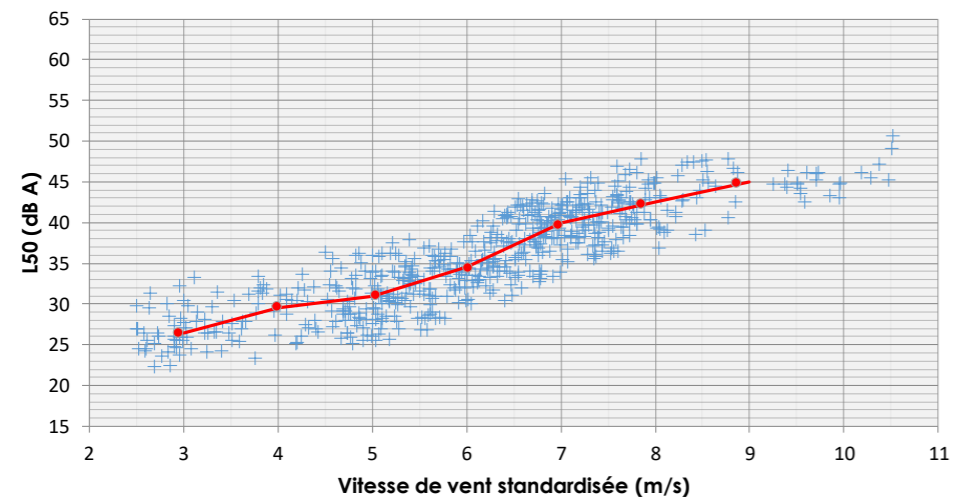


	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,2	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	26,2	26,6	26,3	29,3	32,6	35,0	38,5
Nb descripteurs	4	73	150	85	77	38	32
Incertitude (dBA)	1,8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4
L50 Vit. Ent. (dBA)	26,0	26,5	26,5	29,5	32,5	35,5	38,5



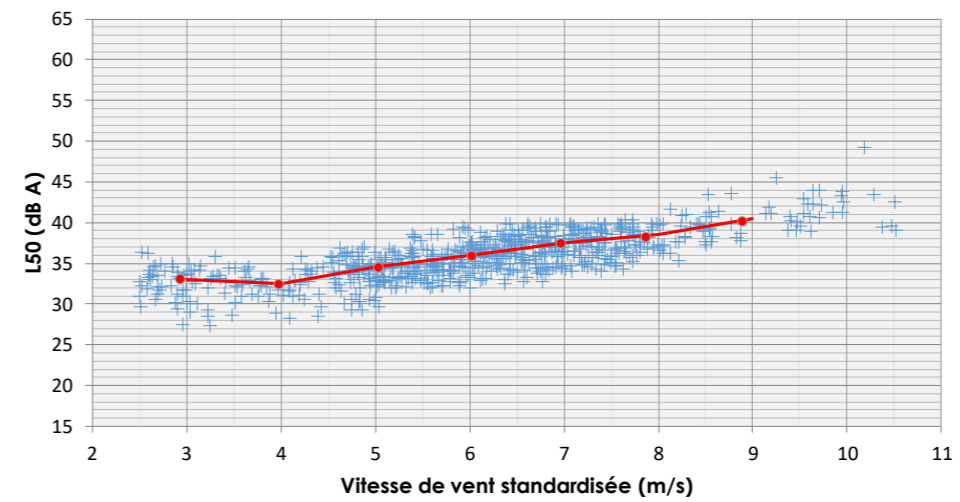
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,1	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	21,9	22,6	23,9	27,1	30,1	32,9	37,2
Nb descripteurs	4	43	112	71	76	39	32
Incertitude (dBA)	1,7	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4
L50 Vit. Ent. (dBA)	21,5	22,5	24,0	27,0	30,0	33,5	37,0

Niveaux mesurés : ZER 3 LE CHENE SEC
Période DIURNE, Secteur SUD-OUEST



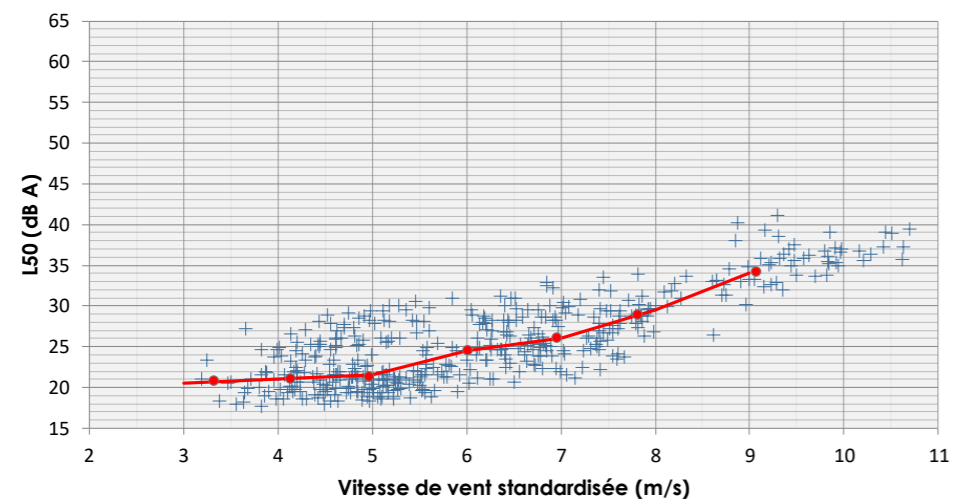
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	2,9	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	26,5	29,6	31,1	34,4	39,7	42,3	44,8
Nb descripteurs	50	38	119	124	162	77	15
Incertitude (dBA)	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5
L50 Vit. Ent. (dBA)	26,5	29,5	31,0	34,5	40,0	42,5	45,0

Niveaux mesurés : ZER 4 LE THIOLET
Période DIURNE, Secteur SUD-OUEST



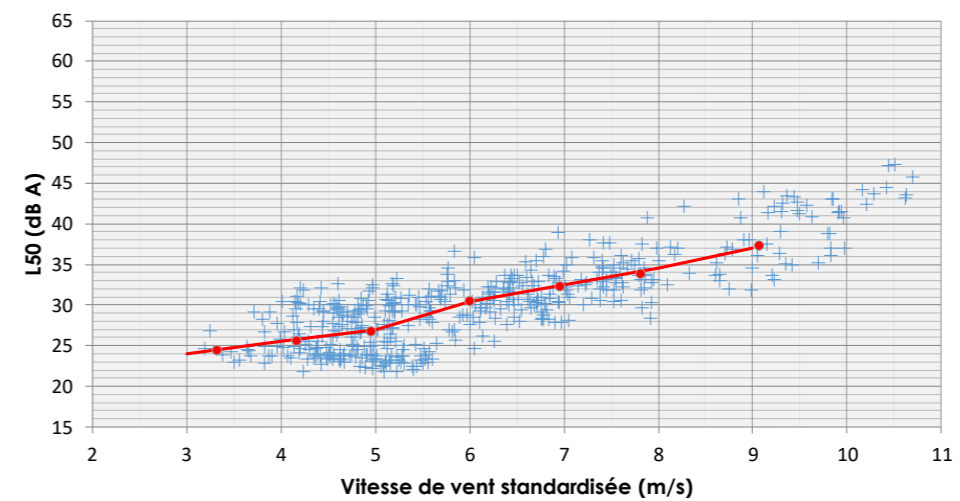
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	2,9	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	33,0	32,4	34,4	35,8	37,4	38,1	40,2
Nb descripteurs	63	47	142	169	172	77	24
Incertitude (dBA)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L50 Vit. Ent. (dBA)	33,0	32,5	34,5	36,0	37,5	38,5	40,5

Niveaux mesurés : ZER 3 LE CHENE SEC
Période NOCTURNE, Secteur SUD-OUEST

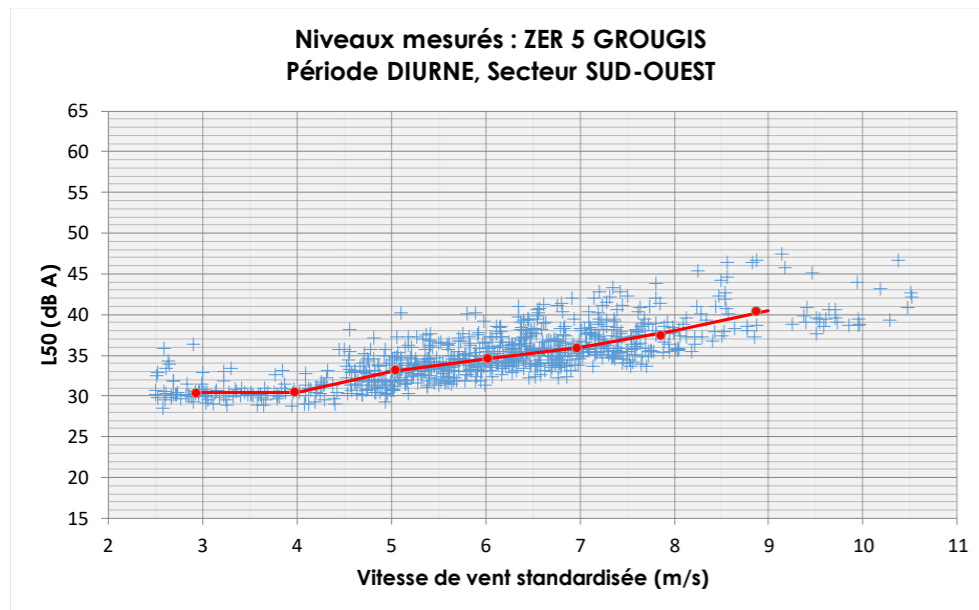


	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,1	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	20,8	21,1	21,3	24,6	26,0	28,9	34,2
Nb descripteurs	4	65	118	74	75	38	32
Incertitude (dBA)	2,0	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4
L50 Vit. Ent. (dBA)	20,5	21,0	21,5	24,5	26,0	29,5	34,0

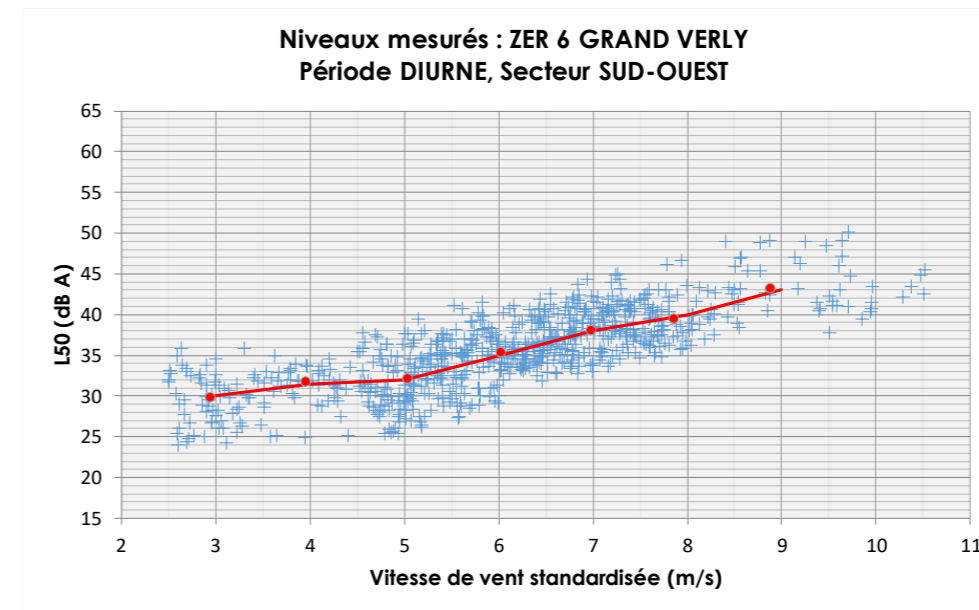
Niveaux mesurés : ZER 4 LE THIOLET
Période NOCTURNE, Secteur SUD-OUEST



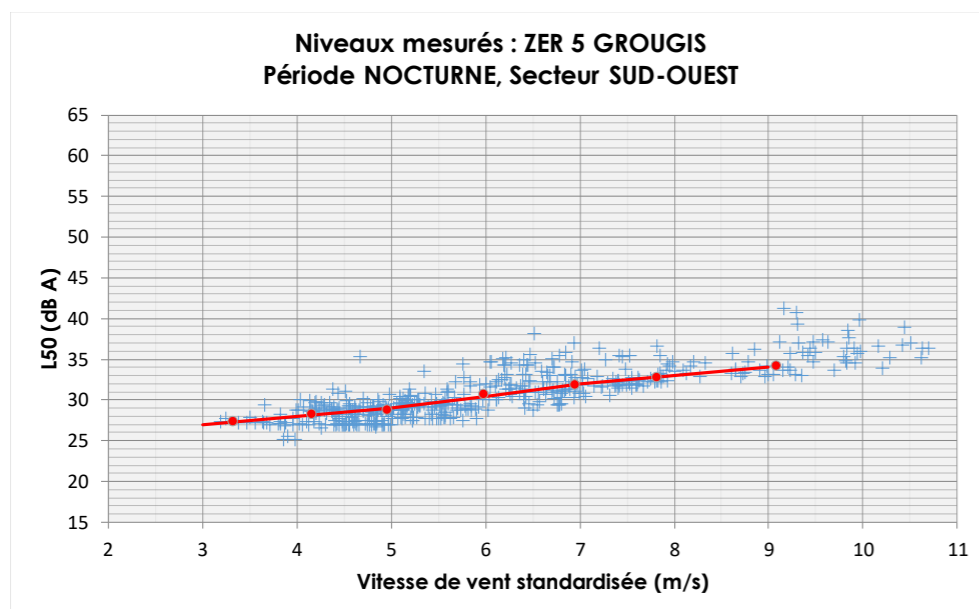
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,2	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	24,4	25,5	26,7	30,4	32,3	33,8	37,3
Nb descripteurs	4	69	147	86	78	39	32
Incertitude (dBA)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,8
L50 Vit. Ent. (dBA)	24,0	25,5	27,0	30,5	32,5	34,5	37,0



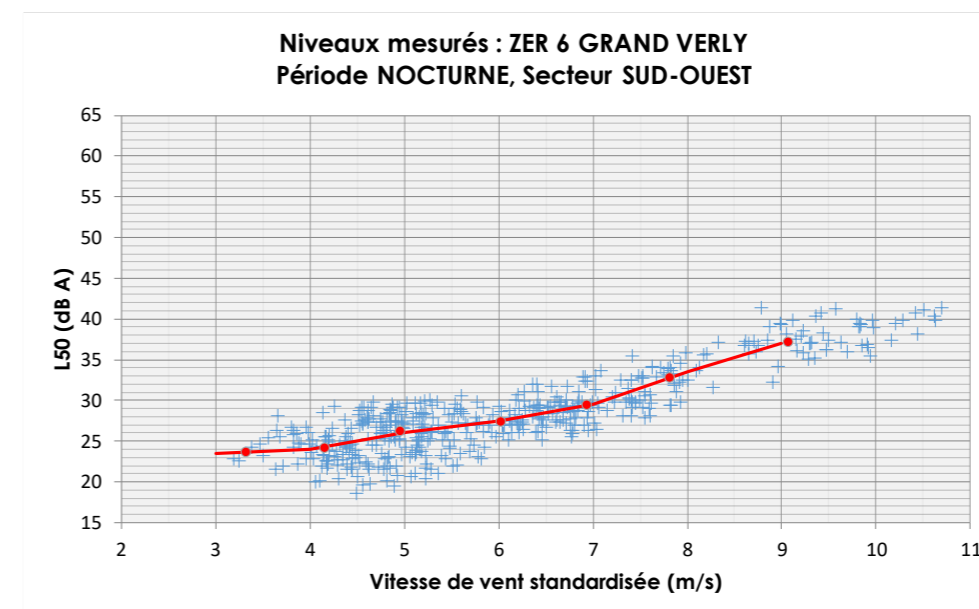
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	2,9	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	30,4	30,4	33,2	34,6	35,9	37,4	40,4
Nb descripteurs	64	50	169	201	190	75	22
Incertitude (dBA)	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6
L50 Vit. Ent. (dBA)	30,5	30,5	33,0	34,5	36,0	38,0	40,5



	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	2,9	4,0	5,0	6,0	7,0	7,9	8,9
L50 médian (dBA)	29,8	31,7	32,1	35,3	38,0	39,5	43,2
Nb descripteurs	65	48	158	178	185	82	23
Incertitude (dBA)	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,7
L50 Vit. Ent. (dBA)	30,0	31,5	32,0	35,0	38,0	40,0	43,0

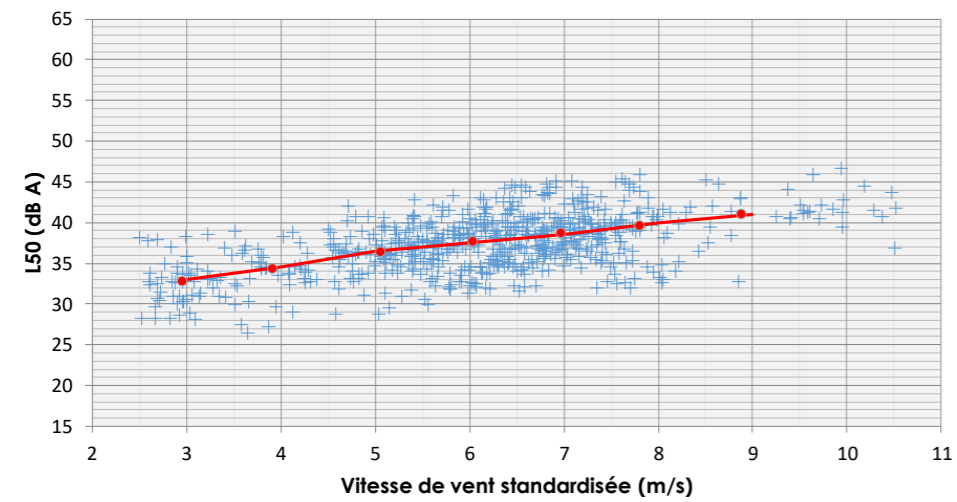


	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,2	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	27,3	28,2	28,8	30,7	31,8	32,7	34,2
Nb descripteurs	4	74	154	90	80	39	31
Incertitude (dBA)	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L50 Vit. Ent. (dBA)	27,0	28,0	29,0	30,5	32,0	33,0	34,0



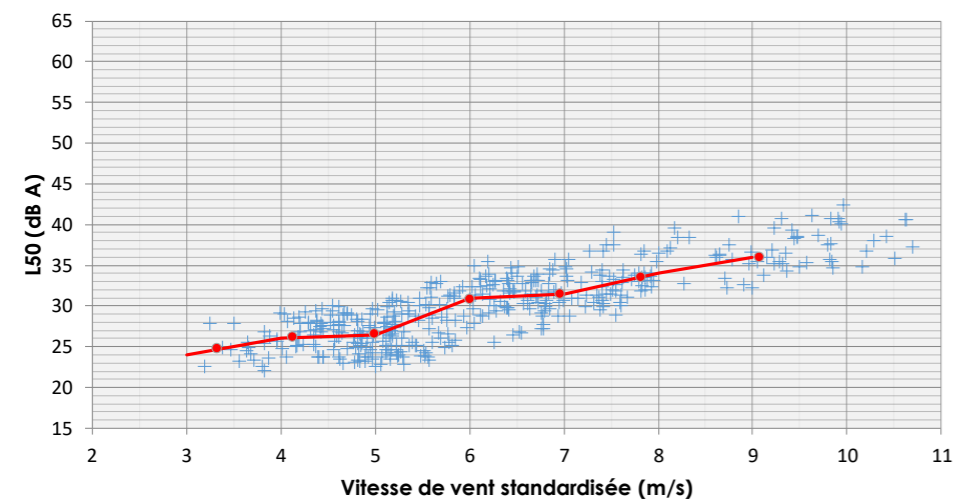
	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,2	5,0	6,0	6,9	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	23,6	24,2	26,2	27,4	29,4	32,8	37,2
Nb descripteurs	4	74	137	79	78	39	32
Incertitude (dBA)	1,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L50 Vit. Ent. (dBA)	23,5	24,0	26,0	27,5	29,5	33,5	37,0

Niveaux mesurés : ZER 7 VADENCOURT
Période DIURNE, Secteur SUD-OUEST



	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,0	3,9	5,1	6,0	7,0	7,8	8,9
L50 médian (dBA)	32,7	34,3	36,4	37,6	38,7	39,6	41,1
Nb descripteurs	53	40	119	187	178	65	14
Incertitude (dBA)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,6
L50 Vit. Ent. (dBA)	33,0	34,5	36,5	37,5	38,5	40,0	41,0

Niveaux mesurés : ZER 7 VADENCOURT
Période NOCTURNE, Secteur SUD-OUEST



	Classe de vitesse de vent						
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s
V_s moyen (m/s)	3,3	4,1	5,0	6,0	7,0	7,8	9,1
L50 médian (dBA)	24,8	26,3	26,6	30,8	31,5	33,5	36,0
Nb descripteurs	4	50	119	81	73	39	29
Incertitude (dBA)	1,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L50 Vit. Ent. (dBA)	24,0	26,0	26,5	31,0	31,5	34,0	36,0

11 ANNEXE 2 : EXTRAIT DU PROJET DE NORME NF S 31-114 (VERSION 07-2011)

11.1 AÉRAULIQUE

Pour la caractérisation du bruit dans l'environnement d'un parc éolien, il est nécessaire de distinguer :

- Les caractéristiques du vent au niveau des éoliennes, représentatives de leurs conditions de fonctionnement. Ce vent est caractérisé par sa vitesse et sa direction.
- Les caractéristiques du vent au niveau du microphone, la vitesse de celui-ci devant rester inférieure à 5 m/s pour éviter que des perturbations d'origine aéraulique ne viennent fausser les mesures.

3.2.1 Classe de vitesse de vent

La classe de vitesse de vent est définie par l'intervalle de largeur de 1 m/s centré sur la valeur entière de la vitesse de vent étudiée. Il sera ouvert sur la valeur inférieure (valeur égale à la valeur entière - 0.5 m/s) et fermé sur la valeur supérieure (égale à la valeur entière + 0.5 m/s). Par exemple, une vitesse de vent appartient à la classe de vitesse de vent de 5 m/s si sa valeur est strictement supérieure à 4.5 m/s et inférieure ou égale à 5.5 m/s.

3.2.2 Classe de direction de vent

La classe de direction de vent est définie par un secteur de +/- 30° autour de la direction centrale (soit un secteur de 60°). Il sera ouvert sur la valeur inférieure et fermé sur la valeur supérieure.

La direction centrale est définie par l'opérateur.

3.2.3 Longueur de rugosité

Grandeur en mètre qui exprime l'irrégularité de la surface terrestre liée notamment à la topographie, à la végétation et aux constructions. Cette rugosité perturbe le flux de vent dans la couche limite. Elle conditionne en partie la variation de la vitesse du vent avec la hauteur au dessus du sol.

3.2.4 Vitesse de vent standardisée Vs

Partant d'une vitesse de vent donnée à hauteur de nacelle, une vitesse de vent standardisée Vs correspond à une vitesse de vent calculée à 10 m de haut, sur un sol présentant une longueur de rugosité de référence de 0.05 m. Cette valeur permet de s'affranchir des conditions aérauliques particulières de chaque site en convertissant toute mesure de vitesse de vent à une hauteur donnée sur un site quelconque, en une valeur standardisée. Dans ces conditions, la vitesse standardisée est donnée par la formule suivante.

$$V_s = V(h) \cdot \ln(H_{ref} / Z_0) / \ln(H / Z_0)$$

avec Z₀ : longueur de rugosité standardisée de 0,05 m,
H : hauteur de la nacelle (m),
H_{ref} : hauteur de référence (10m),
V(h) : vitesse mesurée à la hauteur de nacelle.

Pour le cas d'une mesure à une hauteur h différente de la hauteur de nacelle, l'obtention de cette valeur standardisée Vs nécessite la connaissance de la hauteur de la nacelle et la longueur de rugosité associée au site dans les conditions de mesure. Elle est alors déterminée à l'aide de la formule définie dans la norme NF EN 61400-11 et rappelée ci-dessous. Cette formule considère que la variation du module de la vitesse du vent en fonction de la hauteur au dessus du sol, peut être approximée par un profil de variation en loi logarithmique caractérisée par la longueur de rugosité du sol.

$$V_s = V(h) \cdot \left[\frac{\ln(H_{ref} / Z_0) \cdot \ln(H / Z)}{\ln(H / Z_0) \cdot \ln(h / Z)} \right]$$

avec Z₀ : longueur de rugosité standardisée de 0,05 m,
z : longueur de rugosité du site étudié (m),
H : hauteur de la nacelle (m),
H_{ref} : hauteur de référence (10m),
h : hauteur de mesure de l'anémomètre (m),
V(h) : vitesse mesurée à la hauteur h.

11.2 CLASSES HOMOGENES

La classe homogène est définie par l'opérateur en 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 ...). A l'intérieur d'une classe homogène, la vitesse du vent est la seule variable influente sur les niveaux sonores. La (ou les) classe(s) homogène(s) ainsi définie(s) 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.

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

Par exemple, sur un site sans source de bruit environnante particulière, les nuits d'été par vent de secteur Nord-Ouest entre 4h30 et 7h peuvent définir une classe de conditions homogènes. En effet, le chorus matinal apparaît de manière systématique tous les matins dès 4h30, ce qui entraîne une augmentation rapide des niveaux sonores. Cette période ne peut pas être mélangée à la période de milieu de nuit beaucoup plus calme pour des mêmes vitesses de vent. Dans cet exemple, les analyses réglementaires de nuit seront proposées pour deux classes homogènes.

Des nuits d'hiver en campagne isolée peuvent ne présenter aucune particularité (pas de sources environnementales particulières, pas de chorus matinal, ...). Pour des mêmes conditions météo (essentiellement secteur de vent, couverture nuageuse, température, humidité), toutes les nuits de mesure seront analysées à l'intérieur de la même classe homogène. Dans cet exemple, les analyses réglementaires de nuit seront proposées pour la seule classe homogène qui correspondra à la totalité de la plage horaire de nuit.

Le fonctionnement aléatoire (en apparition et en durée) d'un ventilateur de silo situé à proximité du point de mesure, ne définira pas forcément une classe homogène.

11.3 DESCRIPTEUR DU NIVEAU SONORE POUR UN INTERVALLE DE BASE

Pour chaque intervalle de base, les descripteurs de l'ambiance sonore sont :

- Pour le niveau sonore global en dBA : l'indice fractile L₅₀ des L_{Aeq,1s} sur 10 min,
- Pour les niveaux sonores par bande d'octave en dB : les indices fractiles L₅₀ des L_{eq,1s} sur 10 min.

11.4 INDICATEUR DE BRUIT

Pour chaque classe homogène et pour chaque classe de vitesse de vent étudiées, on associe un niveau sonore représentatif de l'exposition au bruit des populations. Le niveau sonore associé à une classe homogène et à une classe de vitesse de vent est obtenu par traitement des descripteurs des niveaux sonores contenus dans la classe de vitesse de vent. Il sera appelé indicateur de bruit de la classe de vitesse de vent. Le calcul sera détaillé au chapitre 7.

12 ANNEXE 3 : DESCRIPTIF DU MODELE DE CALCUL

12.1 LE MODELE DE CALCUL UTILISE

Les niveaux sonores sont calculés à l'aide du modèle MCGD de type géométrique dédié à la propagation du son à grande distance (prise en compte des conditions météorologiques). Ce modèle a été développé en collaboration avec le LAUTM (Laboratoire d'Acoustique de l'Université de Toulouse Le Mirail). Ce modèle a été validé lors de nombreux essais moteurs réalisés sur des avions et lors des nombreuses campagnes de réception acoustique réalisées pour les parcs éoliens. Les principes de ce modèle de calcul sont les suivants :

12.1.1 La modélisation du terrain

La géométrie du terrain est modélisée à partir de relevés topographiques du site. Ensuite, les éoliennes (sources de bruit, cf. 6.1.2) et les points de contrôle (récepteurs) sont placés sur ce terrain modélisé.

12.1.2 Les sources de bruit

Les éoliennes sont considérées comme étant des sources de bruit ponctuelles (distances importantes). Chacune de ces sources de bruit est positionnée sur le site étudié avec ses niveaux de puissance acoustique par bande d'octave fournis par le constructeur. Pour chaque source, un très grand nombre de rayons est tiré de manière homogène dans l'espace géométrique étudié (plusieurs millions de rayons par source sonore). Chacun de ces rayons transporte la quantité d'énergie qui lui est attribuée (la même pour chaque rayon lorsque aucune directivité n'est considérée).

12.1.3 Le transport de l'énergie acoustique

Atténuation due à la divergence géométrique

L'atténuation due à la divergence géométrique (indépendante de la fréquence considérée) est prise en compte de la manière suivante : à chaque rayon tiré est associé un angle solide constant (angle dépendant du nombre de rayons total tiré). Au cours de la propagation de l'onde plane à l'intérieur de cet angle solide, l'énergie transportée se retrouve diluée dans l'espace compte tenu de l'énergie constante transportée par le rayon et de la surface dS couverte par l'angle solide de plus en plus importante.

Le nombre de rayons capté par des récepteurs possédant une dimension ajustable (sphère de diamètre 5 m dans notre cas) sera de moins en moins important. Dans le cas d'une propagation du son en atmosphère homogène par exemple, l'énergie reçue par le récepteur sera alors moins importante avec l'éloignement (4 fois moins de rayons à chaque doublement de distance), retranscrivant ainsi la loi de décroissance spatiale (loi en r^{-2} pour une propagation d'ondes sphériques : -6 dB par doublement de distance).

Cette décroissance sera plus ou moins importante ensuite suivant le type d'atmosphère considéré (les gradients de température et de vent qui peuvent être rencontrés entraînent une courbure des rayons vers l'espace où la vitesse du son est la plus faible).

Atténuation due à l'absorption atmosphérique

La complexité du mélange gazeux que constitue l'air atmosphérique rend l'étude théorique de l'absorption très difficile (mélange de N_2 , O_2 , CO_2 , molécules de vapeur d'eau ...). Dans le cas d'un fluide homogène cette atténuation des ondes provient essentiellement des échanges de quantité de mouvement associés à la viscosité du fluide, des échanges thermiques et des phénomènes de relaxation moléculaire.

La norme internationale ISO 9613-1 relative au calcul de l'absorption atmosphérique lors de la propagation du son à l'air libre donne une méthode pour calculer tous ces termes d'absorption. Ceux-ci sont pris en compte à l'aide de coefficients d'absorption atmosphérique (en dB/Km). Les valeurs utilisées pour nos calculs sont conformes aux valeurs fournies par cette norme.

Atténuation due aux effets de sol

Celle-ci est prise en compte lors des réflexions successives des rayons sur le sol. Le sol est caractérisé par son impédance normalisée Z_s (valeurs dépendantes du type de sol rencontré lors de la propagation d'un rayon). Une certaine quantité d'énergie est donc absorbée à chaque réflexion. Pour un rayon considéré, l'énergie totale absorbée par le sol au cours du trajet dépendra donc des types de sol rencontrés ainsi que des conditions météorologiques considérées (réflexions plus ou moins nombreuses et donc effets de sol plus ou moins marqués suivant le rayon de courbure appliqué au rayon).

L'énergie reçue par les récepteurs

L'énergie transportée par un rayon est comptabilisée lors de son intersection avec un récepteur. Les niveaux sonores résultants rendent ainsi compte de l'énergie totale transportée par les rayons captés à laquelle a été soustrait l'énergie totale absorbée par les effets de sol et l'absorption atmosphérique (l'atténuation due à la divergence géométrique et aux phénomènes météorologiques étant représentée par le nombre de rayons reçu par les récepteurs).

12.1.4 La propagation des rayons

Les réflexions sur les surfaces rencontrées

La réflexion d'un rayon sur une surface se fait soit de manière spéculaire (loi de l'optique géométrique) soit de manière diffuse (loi de Lambert en $4 \cdot \cos \theta$). Ces deux types de réflexions permettent ainsi de prendre en compte « l'aspect des surfaces » (surfaces lisses, accidentées ou encombrées, en regard de la longueur d'onde considérée).

Les influences des conditions météorologiques

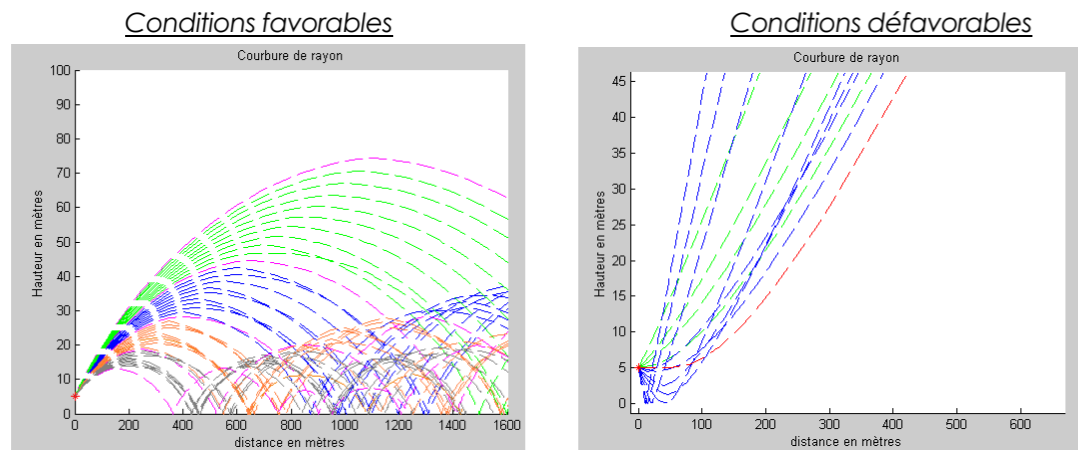
La troposphère est un milieu non homogène et non isotrope (variation de la pression atmosphérique, de la température et du vent avec l'altitude). De ce fait, une réfraction des ondes acoustiques dans l'atmosphère se crée et entraîne une augmentation ou une diminution du champ de pression acoustique au niveau des récepteurs.

La réfraction est causée par les variations de la vitesse du son dans l'atmosphère, qui ont pour origine principale les fluctuations de la température et de la vitesse du vent présentes dans le milieu considéré.

Ce phénomène atmosphérique est simulé à l'aide d'un gradient de température et d'un gradient de vitesse de vent, qui permettent de remonter à la vitesse effective du son pour l'altitude considérée. Cette vitesse effective est utilisée pour calculer la courbure des rayons tout au long de leur propagation, lors de leur intersection avec un plan de réfraction. Le calcul de la déviation des rayons est réalisé en suivant la loi de Snell.

- A un gradient de célérité du son positif correspondent des conditions favorables à la propagation du son.
- A un gradient de célérité du son négatif correspondent des conditions défavorables à la propagation du son.
- A un gradient de célérité du son nul correspondent des conditions homogènes ou neutres (propagation des rayons en ligne droite).

Les figures suivantes rendent compte de deux types de courbes différents (conditions favorables et défavorables à la propagation du son).



12.1.5 La présentation des résultats

Les niveaux sonores générés au niveau des récepteurs sont affichés à la suite du calcul. La contribution des différentes atténuations est implicitement prise en compte mais ne peut être affichée individuellement compte tenu de la procédure utilisée.

13 ANNEXE 4 : PRINCIPE METHODOLOGIQUE D'UNE ETUDE ACOUSTIQUE

Le développement d'un projet éolien est encadré par diverses réglementations environnementales à respecter. En particulier, une réglementation acoustique spécifique impose des limites de bruit à ne pas dépasser.

Le but de l'étude d'impact acoustique est de contrôler par des mesures et des calculs que le bruit généré par les éoliennes respectera ces limites. Dans le cas où l'étude montre un risque de dépassement des valeurs réglementaires maximales, des solutions sont proposées notamment en bridant le fonctionnement des éoliennes.

13.1 DEFINITION DES TERMES EMPLOYES

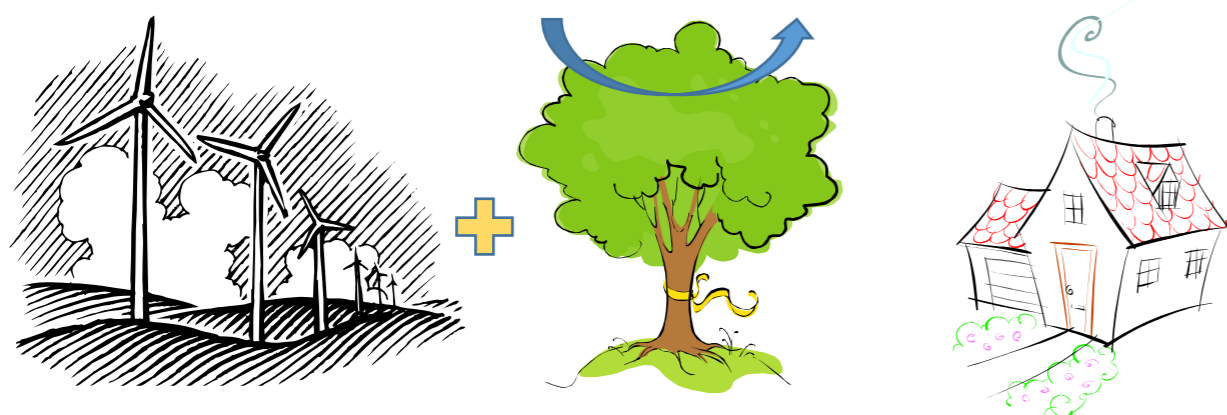
Pour faciliter la compréhension du chapitre, nous donnons ci-dessous la définition des termes utilisés pour l'étude acoustique de manière moins formelle et plus pédagogique.

Bruit résiduel : bruit ambiant, en l'absence du bruit particulier considéré.

Le bruit résiduel peut être assimilé au bruit de l'environnement, notamment la génération de bruit par le vent dans la végétation.



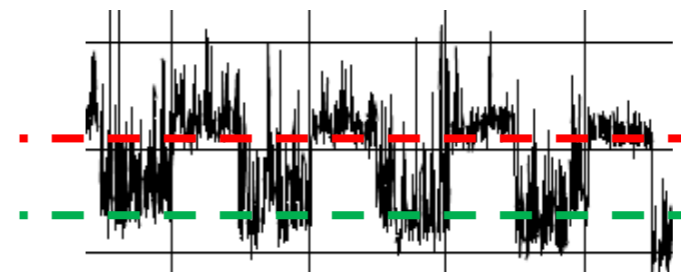
Bruit ambiant : bruit total existant et, dans notre cas, ensemble des bruits de l'environnement, y compris ceux des éoliennes



Bruit particulier : Bruit généré uniquement par les éoliennes.

Émergence : Différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel.

$$\text{EMERGENCE} = \text{Bruit ambiant} - \text{Bruit résiduel}$$



Exemple de mesure à proximité d'une éolienne avec un cycle marche / arrêt alterné.

Pondération A : afin de prendre en compte les particularités de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les sons aigus et les sons graves de la même façon, on utilise la pondération A. Il s'agit d'appliquer un « filtre » défini par la pondération fréquentielle.

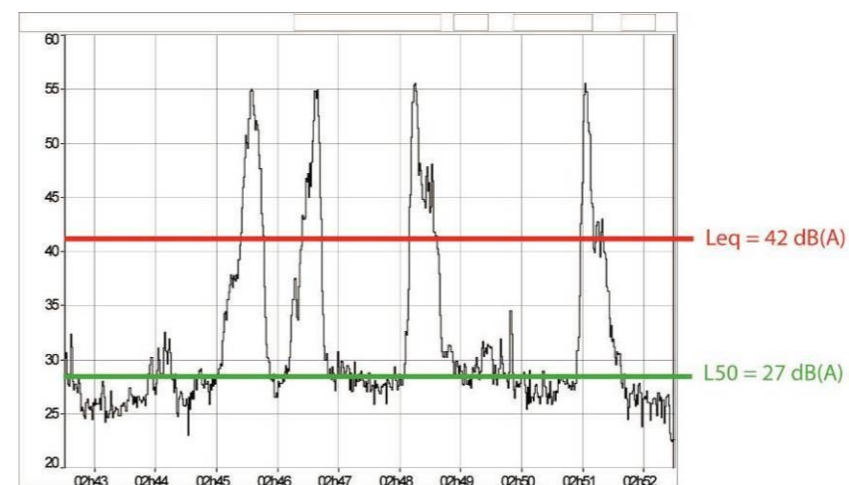
INDICATEURS SONORES :

Niveau acoustique équivalent, L_{Aeq} : sur une période donnée, niveau sonore d'un son continu stable de même énergie sonore qu'un son variable au cours du temps.

Niveau acoustique fractile, L_{50} : Indice statistique qui représente le niveau acoustique atteint ou dépassé pendant 50 % du temps.

Ce niveau acoustique fractile L_{50} est utilisé pour **éliminer les évènements acoustiques particuliers** (passage de véhicules, aboiements de chiens, ...). **Il correspond au bruit de fond dans l'environnement et sert à caractériser le bruit résiduel mesuré.**

Pour illustrer l'importance de prendre en compte l'indice L_{50} pour caractériser le bruit résiduel d'une zone, la figure ci-dessous rend compte de la différence entre la valeur du niveau sonore moyen L_{Aeq} sur 10 minutes et la valeur correspondante de l'indice fractile L_{50} .



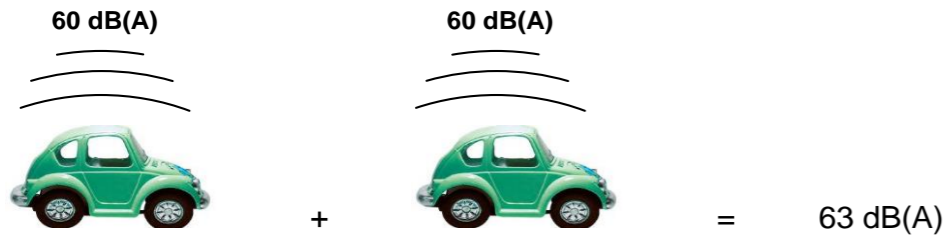
Cette mesure a été réalisée à proximité d'une route fréquentée. On note une différence de 15 dB(A) entre le niveau moyen et l'indice fractile.

Le niveau moyen L_{Aeq} ne rend pas compte du ressenti sonore durant la période de 10 minutes, les passages de véhicules étant ponctuels.

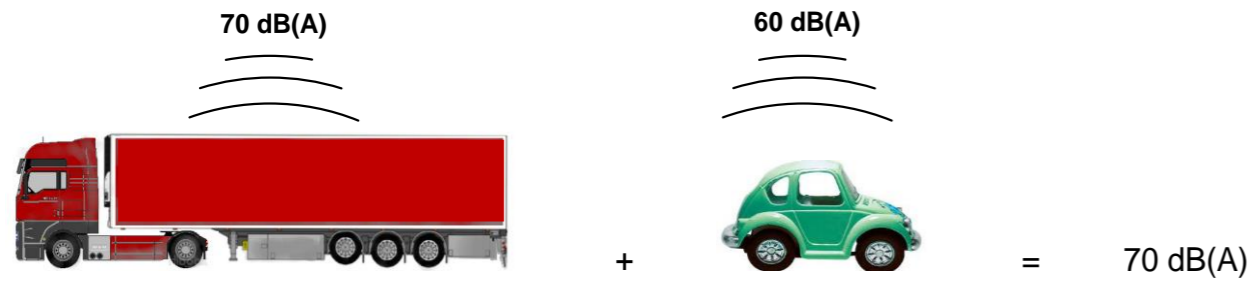
L'indice L_{50} fractile permet d'éliminer ces pics de forte énergie sonore et permet de mieux caractériser le bruit résiduel, hors pics sonores dus au trafic routier.

Arithmétique particulière du décibel

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



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



Si deux niveaux de bruit sont émis par deux sources sonores, et si l'une est au moins supérieure de 10 dB(A) par rapport à l'autre, le niveau sonore résultant est égale au plus élevé des deux (effet de masque).

13.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Les critères réglementaires à respecter pour chaque projet éolien sont fixés par l'**arrêté du 26 août 2011** relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Cette réglementation définit, notamment, les limites suivantes :

- **Distance d'au moins 500 m des habitations et zones constructibles**
- **Seuils acoustiques à respecter :**

1- en zones à émergences réglementées (ZER)

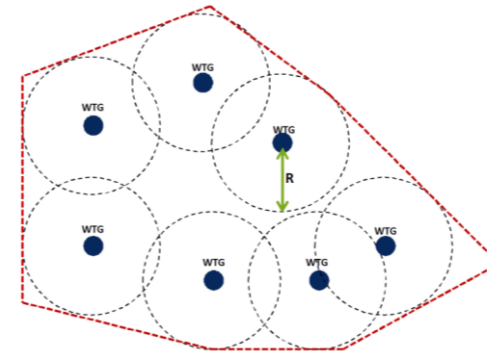
Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible pour la période 7h – 22h	Emergence admissible pour la période 22h – 7h
Supérieur à 35 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

2- au périmètre de mesure du bruit

Le périmètre de mesure du bruit est défini comme étant le plus petit polygone contenant les cercles de rayon :

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

Le niveau de bruit maximal de l'installation est fixé à **70 dB(A) pour la période de jour et à 60 dB(A) pour la période de nuit** en n'importe quel point du **périmètre de mesure du bruit**.



13.3 PRINCIPES DE L'ETUDE ACOUSTIQUE

Les études acoustiques s'articulent autour de trois axes :

1. Campagnes de mesures in situ : détermination du bruit résiduel sur le site en fonction de la vitesse du vent.

Cette étape consiste à réaliser une campagne de mesures acoustiques d'état initial. Les points de mesures sont choisis parmi les zones habitées riveraines autour de l'aire d'implantation prévue pour les éoliennes.

Ces mesures ont pour but de caractériser le bruit résiduel de chaque zone c'est-à-dire le bruit existant habituellement dans le secteur concerné en fonction de la vitesse de vent avant l'implantation d'éoliennes.

Les mesures sont réalisées en stricte conformité avec les normes en vigueur :

- Protocole de mesures acoustiques
- Utilisation de sonomètres de classe 1,
- Mesure des données de vent en même temps que les mesures de bruit.

2. Calculs prévisionnels du bruit des éoliennes : estimation de la contribution sonore des projets au droit des habitations riveraines.

Les calculs prévisionnels ont pour but d'évaluer les niveaux sonores générés par l'ensemble du projet au niveau de chaque voisinage étudié. Les résultats, conjugués aux valeurs de bruit résiduel, permettent de calculer les émergences acoustiques définies précédemment.

Les simulations des niveaux sonores générés aux points de contrôle sont effectuées soit avec le logiciel CADNAA, soit avec notre modèle de calcul de propagation du son à grande distance (MCGD).

Le modèle de calcul MCGD est de type géométrique et prend en compte les paramètres suivants :

- Puissances acoustiques des éoliennes ;
- Divergence géométrique ;
- Absorption atmosphérique ;
- Effets de sol ;
- Conditions météorologiques.

3. Analyse de l'émergence à partir des deux points précédents : validation du respect de la réglementation française en vigueur et, le cas échéant, proposition de solutions adaptées pour y parvenir.

Sur la base du calcul des émergences estimées, deux cas possibles :

- Les calculs font apparaître des valeurs inférieures aux seuils réglementaires :
On estime alors que le risque de dépassement est faible et aucune disposition particulière n'est prise.
- Les calculs font apparaître des valeurs supérieures ou limites aux seuils réglementaires :
On estime donc que le risque de dépassement est non négligeable et on préconise des solutions réalistes pour respecter la réglementation :
 - Définition d'un mode de fonctionnement optimisé (bridage et/ou arrêt d'une ou plusieurs éoliennes selon vitesse / direction du vent et selon la période),
 - Optimisation de l'implantation du projet (éloignement, voire retrait de machines),

13.4 MESURES ACOUSTIQUES POST IMPLANTATION

Des mesures de contrôle acoustiques sont à réaliser après l'implantation des éoliennes pour valider ou vérifier que les seuils réglementaires sont respectés.

Le but est de contrôler la conformité des émergences sonores au niveau des habitations, vis-à-vis des seuils réglementaires (arrêté du 26 août 2011).

- Mesures de bruit en façade des habitations les plus exposées, selon la norme NF S 31-010.
- Un plan de marche/arrêt est mis en place pendant les mesures de contrôle, avec une alternance de 1 H à 2 H pour chaque période de marche ou d'arrêt.
- L'analyse est réalisée en se basant sur le protocole.
- En cas de non-conformité, adaptation du plan de gestion du parc éolien.

