
ANNEXE IV : ETUDE ACOUSTIQUE (ALHYANGE ACOUSTIQUE)

NOS AGENCES :

BRETAGNE

14, rue du Rouz
29900 **CONCARNEAU**
02.98.90.48.15
bzh@alhyange.com

23, rue Stanislas Dupuy de Lôme
56000 **VANNES**
02.57.62.06.22
bzh@alhyange.com

GRAND-OUEST / CENTRE

1, boulevard Paul Chabas
44100 **NANTES**
02.85.67.00.80
grandouest@alhyange.com

51/53, avenue du Grésillé
49000 **ANGERS**
02.52.35.21.23
valdeloire@alhyange.com

64, rue Michaël Faraday
37170 **CHAMBRAY-LÈS-TOURS**
02.46.65.58.60
valdeloire@alhyange.com

IDF / NORD-EST

17, passage Saint-Bernard
75011 **PARIS**
01.43.14.29.01
acoustique@alhyange.com

SUD-EST

102, rue Masséna
69006 **LYON**
04.82.53.89.69
acoustique@alhyange.com

www.alhyange.com

PROJET EOLIEN DE VILLERS LE CHATEAU (51)

Etude d'impact acoustique

DESTINATAIRE

VALOREM
213 cours Victor Hugo
33323 BEGLES CEDEX

RÉDACTION : Baptiste BROUSSIER
APPROBATION : Renan LE GOAZIOU

RÉFÉRENCE : AL 21/24059
INDICE : Ind1
DATE : 17/05/2022

SOMMAIRE

1. OBJET.....	4
2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	5
3. PRESENTATION DU SITE ET DES MESURES.....	6
3.1. Descriptif du site et des points de mesure	6
3.2. Environnement sonore	8
4. PROTOCOLE DE REALISATION DES MESURES DE BRUIT RESIDUEL ET AMBIANT	9
4.1. Norme prise en compte	9
4.2. Mesures des niveaux de bruit résiduel	9
4.3. Mesure de la vitesse du vent	9
4.4. Analyse des données mesurées	10
5. CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	12
6. ETAT ACOUSTIQUE INITIAL.....	16
6.1. Niveaux de bruit résiduel.....	16
6.2. Analyse qualitative de l'état initial.....	17
7. PROTOCOLE DE REALISATION DES CALCULS PREVISIONNELS	18
7.1. Méthodologie.....	18
7.2. Points de calcul	19
7.3. Emplacement des éoliennes.....	19
7.4. Caractéristiques acoustiques des éoliennes	20
7.5. Plan de fonctionnement acoustique optimisé	21
8. RESULTATS DES CALCULS ACOUSTIQUES PREVISIONNELS.....	22
8.1. Propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement	22
9. ETUDE D'IMPACT DES EFFETS CUMULES	25
9.1. Emplacement des éoliennes.....	25
9.1. Points de calcul.....	26
9.2. Caractéristiques acoustiques des éoliennes	26
9.1. Propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement	27
9.2. Impact calculé au voisinage	28
10. NIVEAU SONORE SUR LE PERIMETRE DE MESURE.....	30
11. ÉVALUATION DES TONALITES MARQUEES	31
12. CONCLUSIONS	32

13. ANNEXES	33
14. PHOTOGRAPHIES DES POINTS DE MSURE	34
15. RESULTATS DETAILLES – POINT 1	35
16. RESULTATS DETAILLES – POINT 2	38
17. RESULTATS DETAILLES – POINT 3	41
18. RESULTATS DETAILLES – POINT 4	44
19. RECHERCHE DE TONALITES MARQUEES	47
20. MATERIEL UTILISE	49
21. NOTIONS ACOUSTIQUES	50

1. OBJET

Dans le cadre du projet éolien de Villers le Château (51), la société VALOREM en qualité de porteur de projet, a confié à ALHYANGE la partie acoustique de l'étude d'impact.

L'objet de la mission est de caractériser l'impact acoustique du futur parc éolien au niveau des habitations qui seront potentiellement les plus exposées, et de comparer les résultats aux objectifs réglementaires fixés sur base des niveaux sonores actuels sur site.

La mission se décompose selon les étapes suivantes :

1. Etat initial :

- Mesures acoustiques du niveau de bruit résiduel en 4 points représentatifs ;
- Détermination des indicateurs de bruit résiduel, selon les classes homogènes, le secteur Sud-Ouest (secteur dominant du site), en fonction de la vitesse du vent.

2. Etude prévisionnelle :

- Modélisation 3D du site projeté ;
- Calcul des émergences sonores prévisionnelles ;
- Analyse réglementaire ;
- Détermination d'un plan de fonctionnement optimisé.

3. Etude d'impact cumulée prévisionnelle :

- Modélisation 3D du site projeté et des parc éoliens voisins ;
- Calcul des impacts acoustiques des parcs au voisinage ;

Le présent rapport détaille les résultats des mesures de l'état sonore initial réalisées 29 septembre au 29 octobre 2021 ainsi que les résultats de l'étude d'impact acoustique.

2. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Nota : La campagne de mesures a été réalisée avant la publication de l'arrêté du 10 décembre 2021 et du protocole de mesures du 21 octobre 2021, et avant la date d'application du 1er janvier 2022 de ces textes. La mesure de diagnostic répond donc à la réglementation en vigueur lors des mesures, c'est-à-dire l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 ainsi qu'au projet NF S 31-114.

A noter toutefois que les seuils réglementaires restent inchangés quel que soit l'arrêté en application.

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (Grenelle II), fait entrer les éoliennes dans le champ d'application des installations classées pour la protection de l'environnement à la date du 13 juillet 2011 (12 mois après publication de la loi).

Depuis le 1er janvier 2012, les parcs éoliens sont désormais soumis à l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 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.

Cet arrêté reprend la réglementation acoustique appliquée aux ICPE :

- Seuils d'émergence globale en dB(A) dont la prise en compte est effective pour un niveau de bruit ambiant supérieur à 35 dB(A) ;
- Niveaux de bruit maxi fixés à l'emplacement d'un périmètre de mesure du bruit correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre les aérogénérateurs et de rayon $R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor})$;
- Limitation des tonalités marquées.

Les mesures seront effectuées selon les dispositions de l'avant-projet de norme NF 31-114 (Mesurage du bruit dans l'environnement avant et après installation éolienne) dans sa version en vigueur six mois après la publication de l'arrêté d'application ou à défaut selon les dispositions de la norme NFS 31-114 dans sa version de juillet 2011.

Les éoliennes fonctionnant en continu, les critères d'émergence globale en dB(A) au niveau des Zones à Emergence Réglementée (intérieur et extérieur) sont :

Période considérée	Période diurne (7h-22h)	Période nocturne (22h-7h)
Emergence maximale autorisée	+5 dB(A)	+3 dB(A)

À noter que l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020 prévoit que les émergences globales maximales fixées ne s'appliquent que lorsque le niveau de bruit ambiant mesuré, comportant le bruit particulier, est supérieur à 35 dB(A).

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

Les valeurs maximales de l'émergence globale sont à pondérer en fonction de la durée d'apparition du bruit perturbateur :

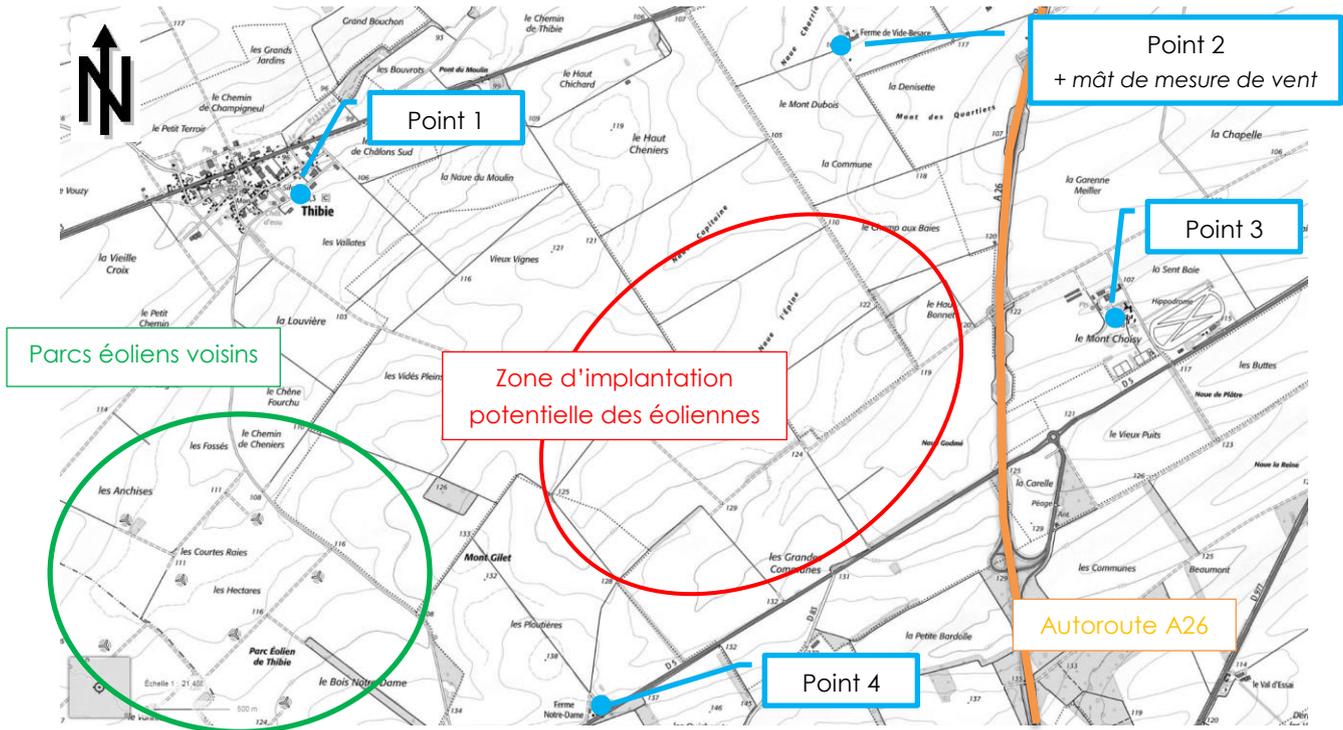
Durée cumulée d'apparition du bruit particulier	Terme correctif en dB(A)
Supérieure à vingt minutes et inférieure ou égale à deux heures	3
Supérieure à deux heures et inférieure ou égale à quatre heures	2
Supérieure à quatre heures et inférieure ou égale à huit heures	1
Supérieure à huit heures	0

3. PRESENTATION DU SITE ET DES MESURES

3.1. Descriptif du site et des points de mesure

La zone présente un relief peu marqué, avec des parcelles agricoles, boisées et résidentielles (maisons isolées regroupées en hameaux).

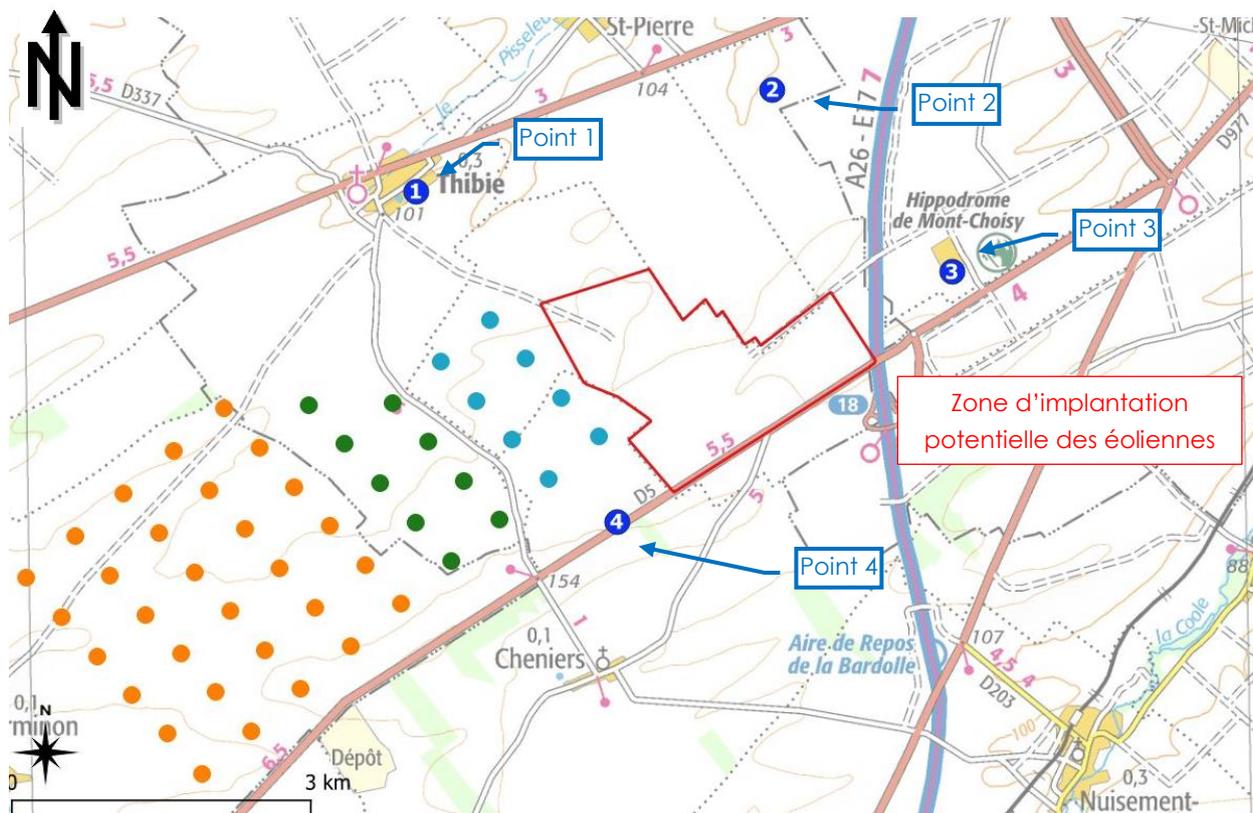
Le plan ci-dessous présente la zone concernée par le développement du parc éolien et l'emplacement des points de mesure.



N° point	Lieu-dit	Nom du contact
1	Thibie	Collard
2	Vide Besace	Anseelw
3	Mont Choisy	Maillart
4	Ferme Notre-Dame	Duval

A noter : Les emplacements choisis sont représentatifs des habitations à priori les plus impactées par le projet. Pour chaque lieu-dit, on choisit une habitation représentative de l'ensemble et lorsque c'est possible, une habitation proche de la zone d'étude, le choix étant évidemment également conditionné par l'acceptation des riverains quant à la pose d'un appareil de mesure sur leur propriété.

La cartographie ci-dessous localise le projet et présente les parcs éoliens existants au voisinage.



Dans l'étude d'impact des effets cumulés, l'ensemble de ces parcs a été pris en considération :

- **Projet éolien étudié** : 6 éoliennes présentant un gabarit type (hauteur maximale en bout de pale de 200 m) ;
- **Parc éolien autorisé de Cheniers** : 8 éoliennes d'un gabarit type présentant une hauteur maximale en bout de pale 180 m et une puissance maximale 4.5 MW ;
- **Parc éolien de Thibie** : 9 éoliennes VESTAS V110 2.0 MW sur mât de 95 m ;
- **Parc éolien de Germinon** : 30 éoliennes NORDEX N100 2.5MW sur mât de 100 m.

3.2. Environnement sonore

Les sources sonores, recensées par notre opérateur lors de la campagne de mesures, sur l'ensemble de la zone sont les suivantes :

- Passages de véhicules sur les routes communales du secteur et sur l'autoroute A26 ;
- Végétation, avifaune, variable en fonction des points de mesure ;
- Bruit de parcs éoliens voisins à l'Ouest du projet ;
- Activité agricole à proximité (passages de tracteurs, animaux).

Les mesures ont été réalisées en automne, qui est une saison intermédiaire en termes de bruit généré par la faune, la flore et les activités humaines. D'un point de vue acoustique, il s'agit donc d'une période globalement représentative du reste de l'année.

4. PROTOCOLE DE REALISATION DES MESURES DE BRUIT RESIDUEL ET AMBIANT

4.1. Norme prise en compte

Les mesurages sont réalisés suivant le projet de norme Pr NF S 31-114 « Mesurage du bruit dans l'environnement avant et après installation éolienne » dans sa version de juillet 2011, désignée par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 22 juin 2020.

Les emplacements de mesurage se trouvent à au moins 1 m de toute surface réfléchissante, à 2 m des façades de bâtiment et à une hauteur d'environ 1,5 m.

L'analyse est basée sur le projet de norme Pr NF S 31-114, qui a été rédigé pour répondre à la problématique posée par des mesurages en présence de vent, rendus nécessaires pour traiter le cas spécifique des éoliennes, ainsi que sur le Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens (actualisation octobre 2020) édité par le Ministère de la Transition Ecologique.

4.2. Mesures des niveaux de bruit résiduel

- **Matériel de mesure**

Le matériel de mesure utilisé est présenté en annexe.

- **Date des mesures**

La campagne de mesures acoustiques a été réalisée du 29 septembre au 29 octobre 2021.

4.3. Mesure de la vitesse du vent

A titre informatif, ALHYANGE a réalisé une mesure de vent à l'aide d'un mât de mesure 10 m de hauteur par rapport au sol au niveau du lieu-dit Vide Besace (point 2).

Pour l'établissement des graphiques de corrélation bruit / vent, les vitesses de vent ont été mesurées et transmises par VALOREM sur un parc éolien voisin, pendant la campagne de mesure acoustique.

La mesure effectuée à l'aide d'un mât de 10 m par ALHYANGE permettra de vérifier que la mesure issue du parc éolien voisin est cohérente.

Les vitesses de vent retenues sont ensuite standardisées à 10 m. Les données obtenues sont moyennées par pas de 10 minutes.

4.4. Analyse des données mesurées

L'exploitation des mesures est basée sur l'avant-projet de norme Pr NF S 31-114 relatif au « Mesurage du bruit dans l'environnement avant et après installation éolienne ».

L'objectif de la campagne de mesures est de définir les niveaux de bruit résiduel en périodes diurne et nocturne, sur chaque classe de vitesse de vent correspondant aux plages de fonctionnement des éoliennes, en niveau sonore global dB(A).

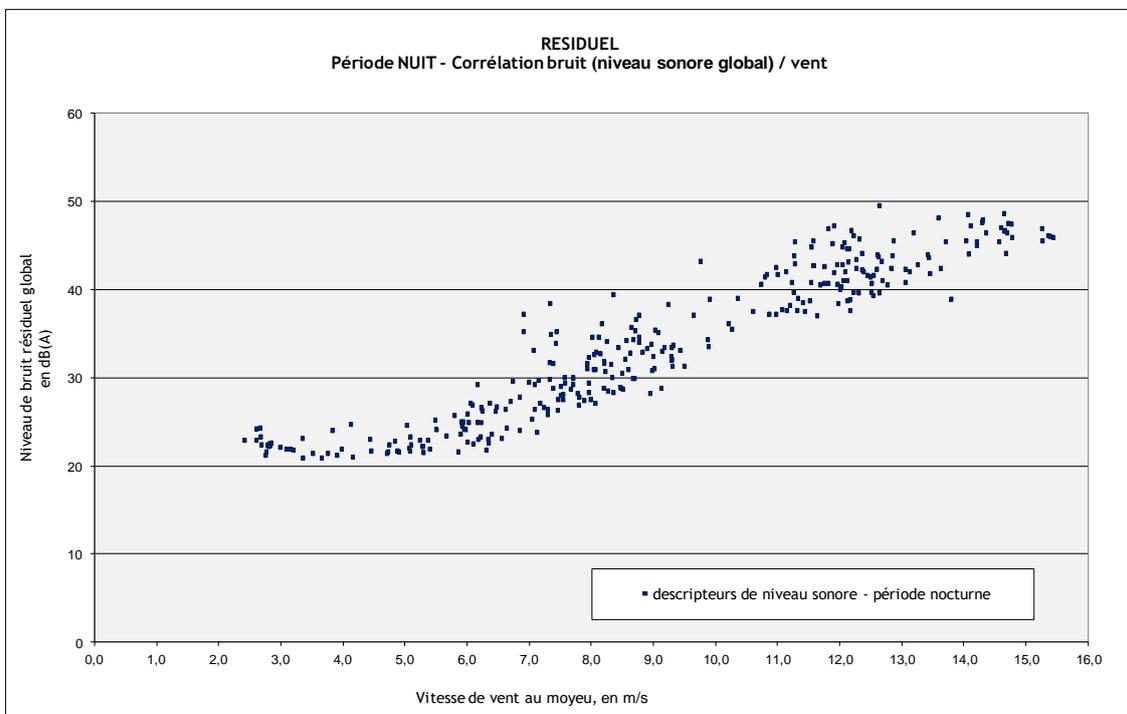
Les classes de vitesse de vent étudiées correspondent aux plages de fonctionnement et de gêne sonore potentielle du parc éolien. En effet, en dessous d'une vitesse de vent de 5 m/s au moyeu, la puissance acoustique des éoliennes est faible. Pour des vitesses de vent au moyeu supérieures à 12 m/s environ, le niveau de puissance acoustique de l'éolienne est stable et n'augmente plus.

La méthodologie détaillée ci-dessous est appliquée pour les niveaux sonores résiduel.

- **Descripteur du niveau sonore**

Chaque descripteur du niveau sonore correspond à l'indicateur L50 (niveaux sonores dépassés pendant 50 % du temps de mesure) des Leq 1 seconde, mesurés en dB(A) sur une période de 10 min.

Nous corrélons les descripteurs du niveau sonore obtenus toutes les 10 min aux vitesses de vent obtenues sur les mêmes périodes. Nous obtenons ainsi des nuages de points représentant l'évolution des niveaux sonores résiduels en fonction de la vitesse du vent (voir exemple de graphique ci-dessous).



Exemple de corrélation bruit / vent type.

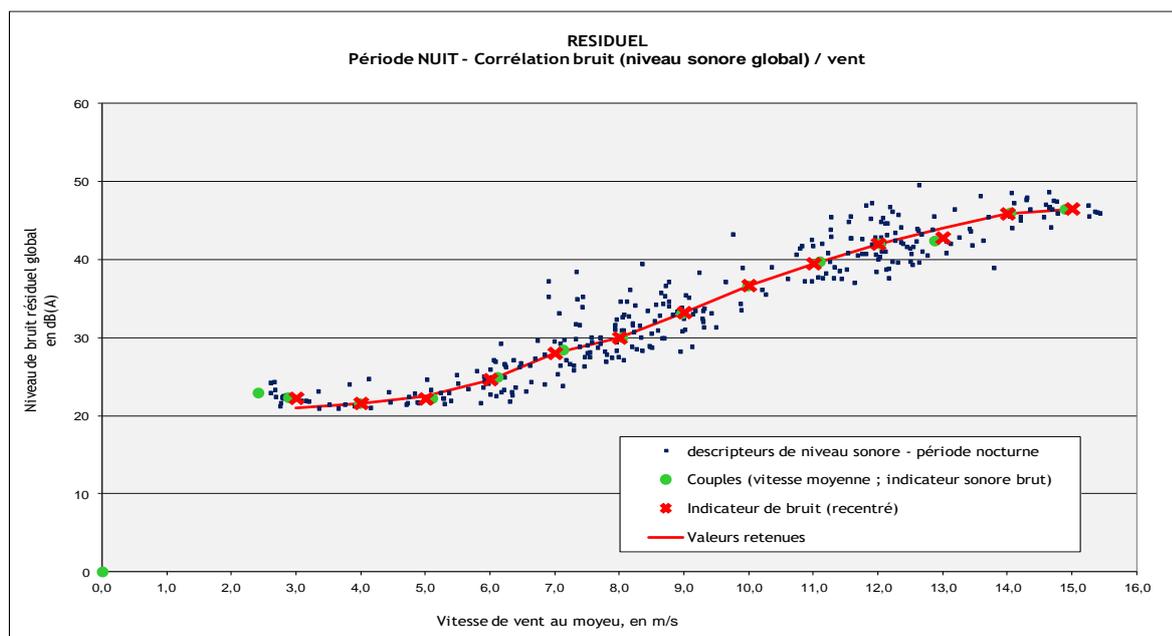
- **Indicateur de bruit recentré**

Calcul de l'indicateur de bruit recentré (voir exemple de graphique ci-dessous) :

- On calcule l'**indicateur sonore brut** : la valeur médiane des descripteurs du niveau sonore contenus dans la classe de vitesse de vent étudiée.
 Cette valeur sera associée à la moyenne arithmétique des vitesses de vent relative à chaque descripteur contenu dans la classe de vitesse de vent étudiée, pour former **le couple (vitesse moyenne, indicateur sonore brut)**.
- Pour chaque valeur de vitesse de vent entière, l'indicateur de bruit recentré sera déterminé par interpolation linéaire entre les couples (vitesse moyenne, indicateur sonore brut) contigus.

- **Valeurs retenues**

Dans le cas où, sur une classe de vitesse de vent, peu de descripteurs de niveau sonore sont obtenus, ou si l'indicateur de bruit recentré ne semble pas cohérent avec les valeurs des classes de vitesses de vent adjacentes, nous ajustons les valeurs de niveau sonore que nous retenons dans le but d'obtenir des courbes d'allure représentative (exemple sur les valeurs à 3 et 13 m/s sur la courbe ci-dessous).



Exemple de corrélation bruit / vent type.

- **Périodes d'observation**

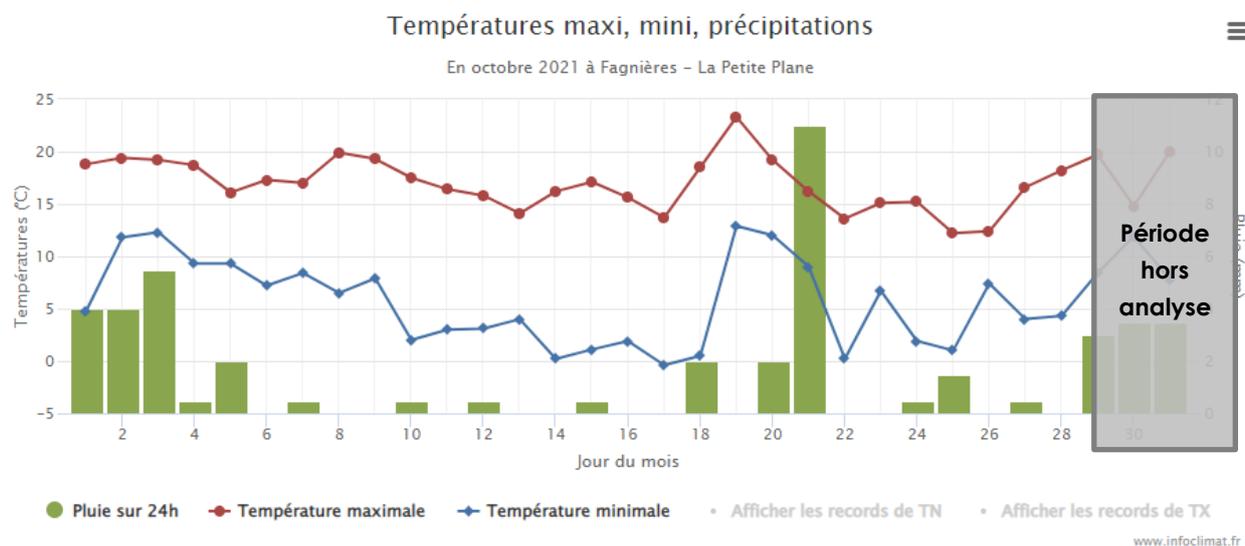
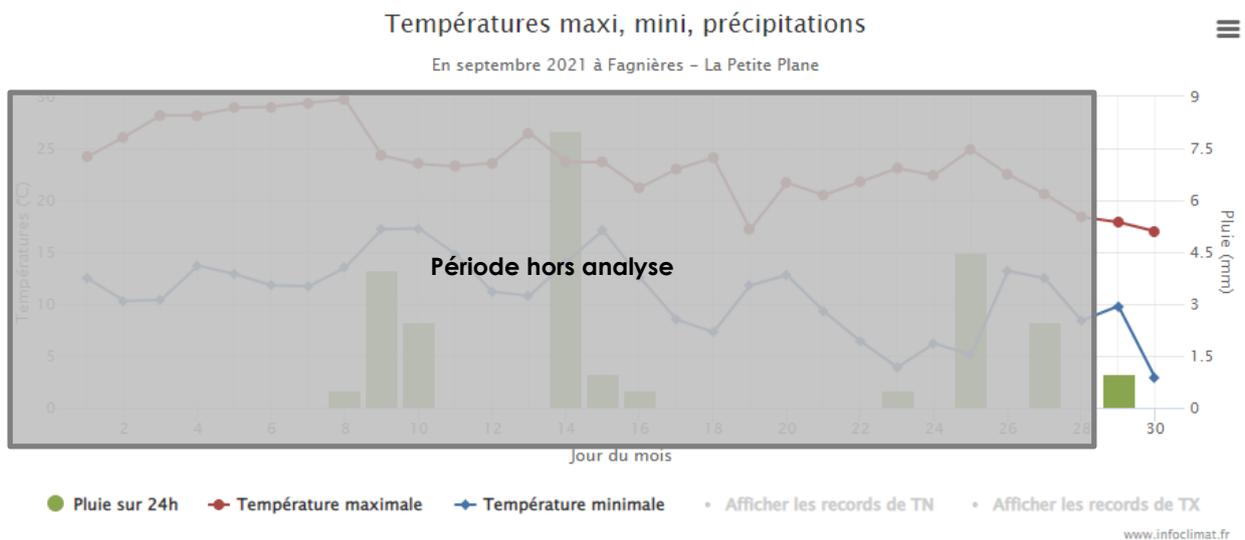
Les bruits perturbateurs (activités agricoles...) ou passages pluvieux sont exclus des chronogrammes.

Les périodes retenues pour l'exploitation des mesures sont les suivantes :

- Période 7h à 22h pour l'exploitation des mesures de JOUR ;
- Période 22h à 7h pour l'exploitation des mesures de NUIT.

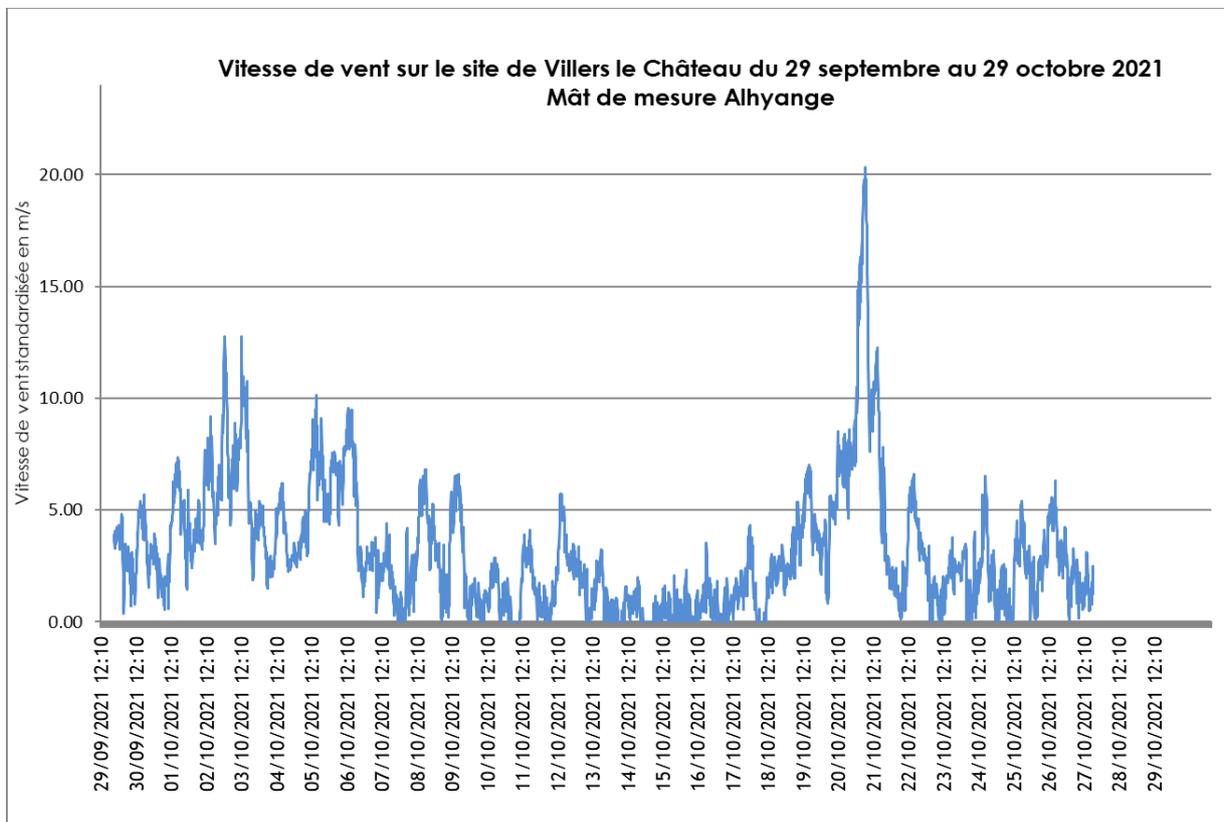
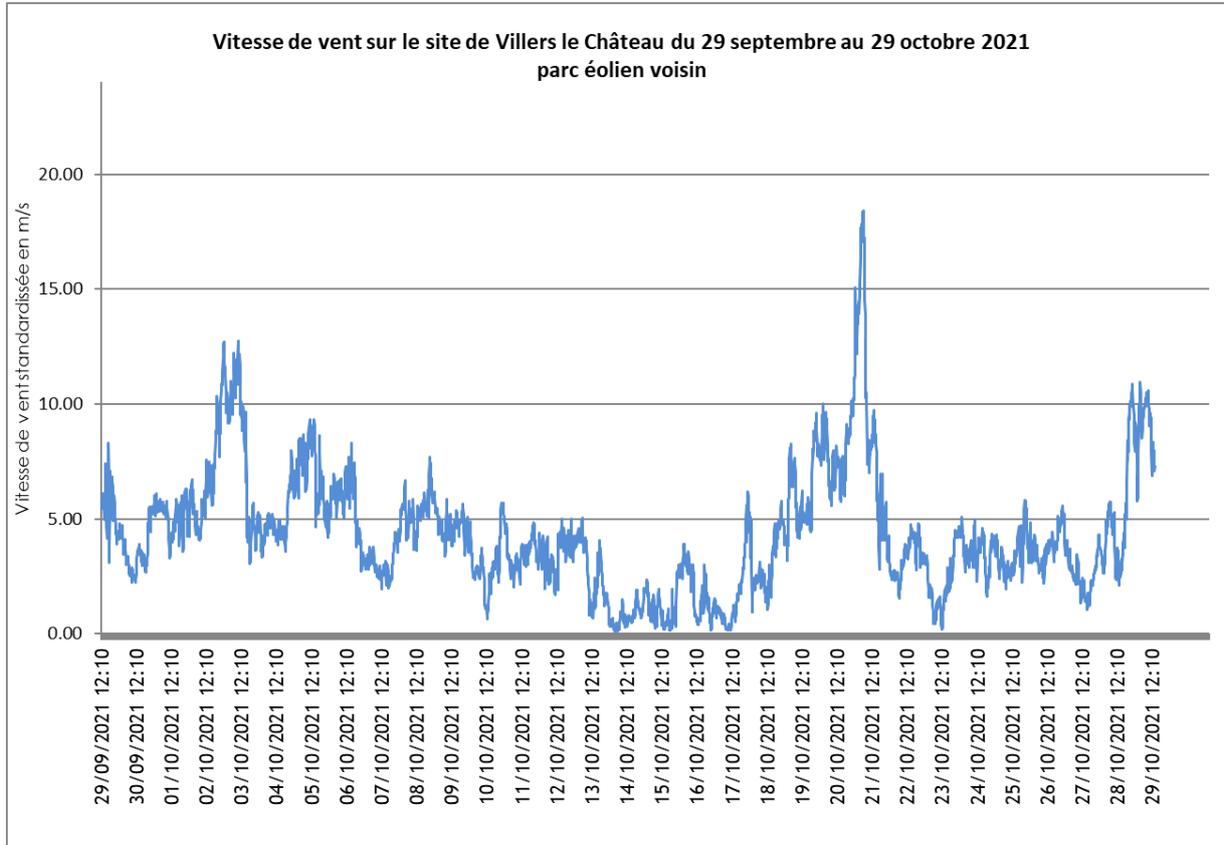
5. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les données suivantes correspondent aux données *Infoclimat* (sauf vitesses et directions de vent issues des relevés sur site ; voir détails en chapitre "protocole" ci-avant) à Fagnières – La Petite Plane (à 3km de Villers-le-Château).

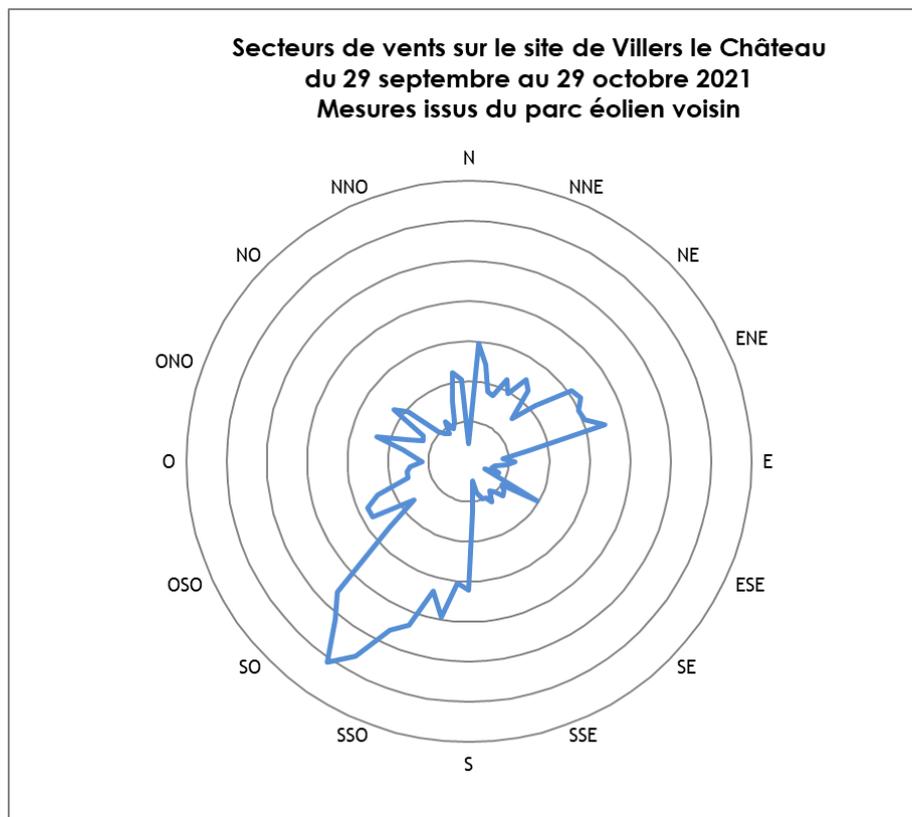


Remarque : Les passages pluvieux marqués ayant tendance à rehausser le niveau sonore ont été exclus des analyses acoustiques.

Les graphiques suivants présentent les conditions de vents obtenues lors de la campagne de mesurage sur le parc éolien voisin et sur le mât de mesure ALHYANGE.



Les mesures acoustiques ont été menées principalement par vents de secteurs Sud-Ouest (secteur dominant du site).



Les mesures issues du mât de mesure Alhyange sont en accord avec les mesures de vent effectuées par VALOREM sur les éoliennes du parc voisin (évolution de la vitesse en vent dans le temps similaires).

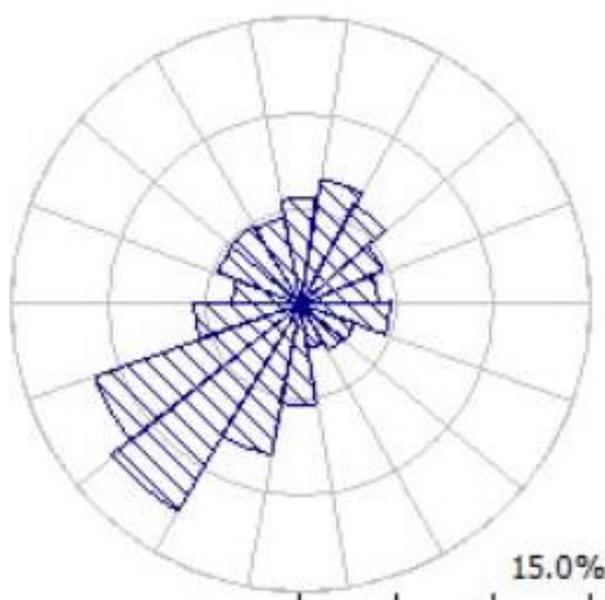
Dans un souci de précision, les données de vent issues des éoliennes (plus représentatives du vent auquel seront exposées les futures éoliennes du projet) seront donc utilisées pour caractériser les niveaux de bruit résiduel.

Représentativité de la période de mesure :

Les mesures sont jugées représentatives : mesures longue durée, conditions météorologiques satisfaisantes (plage de vitesses de vent suffisamment étalée).

Pour rappel, les mesures ont été réalisées en automne, qui est une saison intermédiaire en termes de bruit généré pour ce qui est de la faune, de la flore et des activités humaines. D'un point de vue acoustique, il s'agit donc d'une période globalement représentative du reste de l'année.

La rose des vent long terme sur le site d'implantation des éoliennes présentée ci-dessous montre que les mesures ont bien été réalisées suivant le secteur dominant du site.



Vitesse du vent au niveau des microphones :

Conformément aux prescriptions de la norme NFS 31-010, la vitesse de vent au niveau du microphone (1,5 m de hauteur environ) ne doit pas excéder 5 m/s.

Sur le site d'implantation des sonomètres, nous estimons que la vitesse du vent à 1,5 m de hauteur est inférieure à 5 m/s avec une vitesse de vent standardisée à 12 m/s.

Ce calcul est réalisé pour une longueur de rugosité standard de 0,05 m.

Or, nous estimons que les longueurs de rugosité réelles au niveau des microphones (à proximité des habitations) sont en réalité supérieures à 0,05 m.

Ajoutons que les sonomètres sont positionnés de manière à être le plus possible à l'abri des vents dominants pendant la mesure.

Rappelons que pour une vitesse de vent donnée au moyeu, plus la longueur de rugosité du site est importante, plus la vitesse de vent résultante à 1,5 m de hauteur sera faible.

Nous pouvons donc supposer, sur base de ces justifications, que sur la plage de vitesses de vents exploitée (2 à 9 m/s), les vitesses de vent à l'emplacement des microphones sont inférieures à 5 m/s.

6. ETAT ACOUSTIQUE INITIAL

6.1. Niveaux de bruit résiduel

Les tableaux ci-dessous regroupent les résultats obtenus sur l'ensemble des points de mesure.
L'ensemble des graphiques de corrélation niveaux sonores / vitesse du vent sont présentés en annexe.

Période diurne (7h-22)

Vit. du vent standardisée en m/s	Période Diurne - Niveaux sonores RESIDUELS en dB(A)			
	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
	<i>Thibie</i>	<i>Vide Besace</i>	<i>Mont Choisy</i>	<i>Ferme Notre Dame</i>
3	39.0	36.5	46.0	42.0
4	39.0	36.5	47.5	42.5
5	39.5	37.5	47.0	44.0
6	41.0	41.0	49.5	46.5
7	42.5	42.5	50.5	48.0
8	44.0	46.5	51.0	49.5
9	45.0	48.5	51.5	50.0

Période nocturne (22h-7h)

Vit. du vent standardisée en m/s	Période Nocturne - Niveaux sonores RESIDUELS en dB(A)			
	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
	<i>Thibie</i>	<i>Vide Besace</i>	<i>Mont Choisy</i>	<i>Ferme Notre Dame</i>
3	30.0	28.5	39.0	34.0
4	30.5	28.5	39.5	35.5
5	32.0	32.0	41.5	39.0
6	34.0	35.5	42.0	40.5
7	34.5	37.0	42.5	41.0
8	35.5	37.0	43.0	41.0
9	38.0	41.0	43.5	43.0

6.2. Analyse qualitative de l'état initial

Les niveaux de bruit résiduel mesurés sont globalement représentatifs d'un paysage sonore bruyant, impactés par le trafic routier sur l'autoroute A26 et les routes communales du secteur.

Les points de mesure étant majoritairement situés au près d'exploitations agricoles, les niveaux sonores mesurés en période diurne sont influencés par le bruit des activités agricoles à proximité.

L'environnement sonore au point 4 est impacté par le bruit des parcs éoliens voisins.

L'environnement sonore au point 3 est particulièrement impacté par le bruit de la circulation routière sur l'autoroute A26 sur les périodes diurne et nocturne.

7. PROTOCOLE DE REALISATION DES CALCULS PREVISIONNELS

7.1. Méthodologie

Le calcul prévisionnel du bruit particulier généré par les éoliennes est effectué à l'aide de la maquette acoustique 3D du site et de son environnement proche, réalisée avec le logiciel PREDICTOR V.11 (Logiciel de prévision du bruit en espace extérieur).

Ce logiciel permet de modéliser la propagation acoustique en espace extérieur en intégrant des paramètres tels que la topographie, le bâti, la végétation, la nature du sol, les caractéristiques des sources sonores et les données météorologiques du site.

Les éoliennes sont positionnées dans la maquette 3D selon leurs caractéristiques dimensionnelles (hauteur) et acoustiques (niveaux de puissance acoustique), fournies par le constructeur.

Les calculs du niveau sonore généré par les éoliennes (niveau de bruit particulier) sont réalisés suivant la **norme ISO 9613** « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre, partie 2 : méthode générale de calcul » qui prend en compte l'influence des conditions météorologiques, l'atténuation du sol et les différents obstacles sur la propagation. Les résultats sont présentés sous forme de cartes de bruit.

L'impact acoustique prévisionnel du parc éolien est déterminé selon les étapes suivantes :

- Calcul du niveau de bruit particulier prévisionnel généré par les éoliennes (décrit ci-dessus), en dB(A), à l'extérieur des habitations.
- Calcul du niveau de bruit particulier au niveau du « Point de référence » : point situé à l'emplacement le plus contraignant du périmètre de mesure du bruit correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre les aérogénérateurs et de rayon $R = 1,2 \times$ (hauteur de moyeu + longueur d'un demi-rotor).
Nous définissons l'emplacement le plus contraignant comme celui étant le plus impacté par le niveau de bruit particulier des éoliennes (emplacement définit grâce aux cartes de bruit reportées en annexe). D'autre part, à proximité immédiate des éoliennes, le niveau de bruit résiduel étant négligeable par rapport à celui généré par les éoliennes, nous considérerons que le niveau de bruit ambiant est égal au niveau de bruit particulier calculé.
- Calcul du niveau de bruit ambiant prévisionnel (somme logarithmique du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier calculé), en dB(A), à l'extérieur des habitations.
- Calcul des émergences prévisionnelles en dB(A), à l'extérieur des habitations.

7.2. Points de calculs

Les calculs prévisionnels ont été réalisés au niveau des lieux-dits, pour lesquels des mesures de bruit résiduel ont été effectuées.

Dans chaque cas, le point d'étude a été positionné à l'emplacement le plus exposé au bruit des futures éoliennes de la zone habitée (pouvant être différent du point de mesure réellement positionné sur site).

Un calcul a également été réalisé au « **Point de référence** », c'est à dire à l'emplacement le plus contraignant du périmètre de mesure du bruit défini par l'arrêté du 26 août 2011.

7.3. Emplacement des éoliennes

Le plan suivant présente le projet d'implantation des éoliennes :

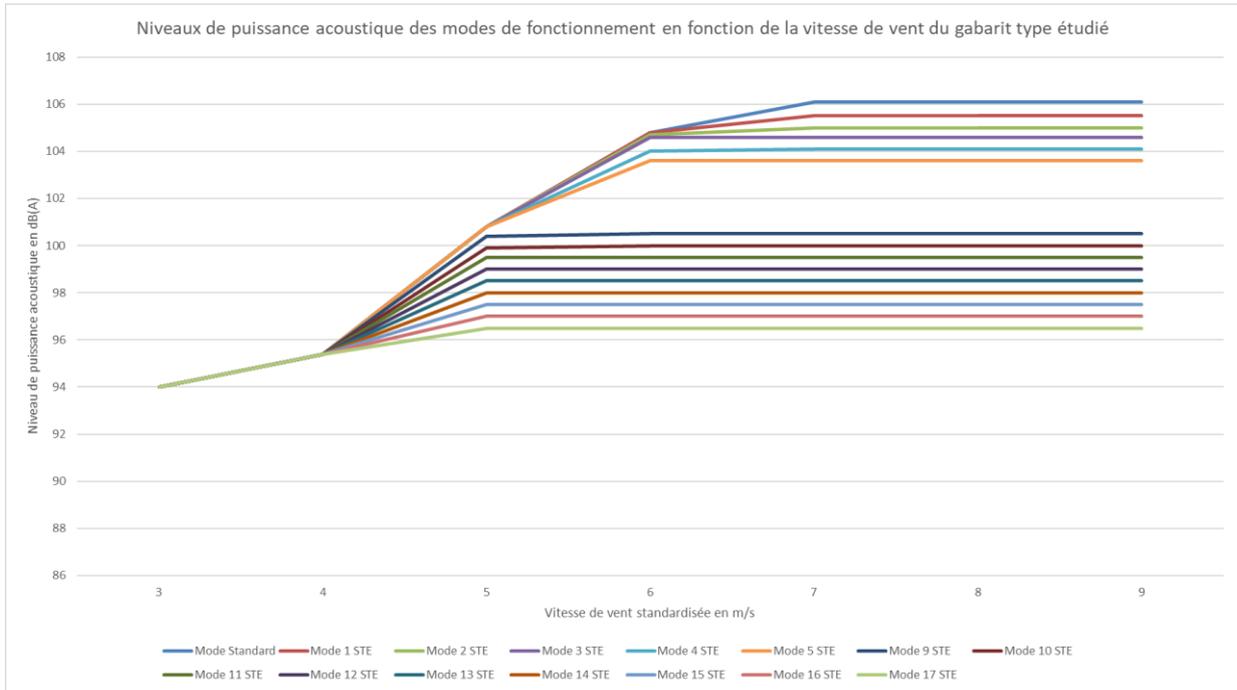


7.4. Caractéristiques acoustiques des éoliennes

Le projet prévoit l'installation de 6 machines présentant un gabarit type :

- Hauteur de nacelle maximum de : 125 m ;
- Hauteur maximale en bout de pale : 200 m ;
- Puissance unitaire maximale : 6.0MW

Nous présentons sur le graphique ci-dessous des niveaux de puissance acoustique d'une machine type en mode standard et suivant les différents modes de fonctionnement disponibles sur le gabarit type étudié :



Commentaires :

Les calculs d'impact acoustique seront réalisés avec les données présentées ci-avant.

On notera que suivant le type de machine retenue, les données présentées ci-avant pourront être différentes.

7.5. Plan de fonctionnement acoustique optimisé

Les actions envisageables sur les éoliennes afin de réduire leurs émissions sonores sont dans un premier temps le bridage. Ensuite, lorsque les gains possibles par bridages sont insuffisants par rapport aux objectifs, l'arrêt (temporaire) est envisagé.

Le bridage consiste à modérer la vitesse de rotation du rotor et/ou à modifier l'orientation de la pale de manière à réduire les bruits aérodynamiques, émis notamment au bord de fuite à l'extrémité des pales.

Les constructeurs d'éolienne proposent des modes de fonctionnement adaptés offrant des gains acoustiques par rapport au mode nominal variables avec la vitesse du vent. Ces modes de fonctionnement sont associés à des courbes de puissances électriques et acoustiques réduites. Certains modes de fonctionnement sont efficaces pour les faibles vitesses de vent puis moins pour les vitesses plus soutenues, ou inversement selon l'effet recherché. Cela permet d'offrir plus de possibilités en fonction des contraintes acoustiques du site tout en optimisant la production d'énergie.

L'objectif est de déterminer pour chaque éolienne, pour chaque classe de vitesse de vent, pour chaque période d'observation (périodes jour et nuit), et pour chaque secteur de vent étudié, le Mode de fonctionnement le plus adapté parmi les différentes variantes proposées par le constructeur, permettant le respect de la réglementation acoustique sur l'ensemble des points de mesure et une production électrique optimale.

Nous calculons la contribution sonore de chacune des éoliennes séparément (E1, E2, E3, etc...) sur chacun des points récepteurs étudiés (habitations).

Un bridage est appliqué en priorité sur la ou les éoliennes impactant davantage le ou les points de mesures pour lesquels la non-conformité la plus forte est établie, le but étant d'obtenir le meilleur compromis entre la production électrique de l'ensemble du parc et la conformité acoustique de l'ensemble des points de mesure.

L'émergence sonore sur chacun des points récepteurs est calculée en fonction de la contribution sonore du parc éolien, mais également en fonction du niveau de bruit résiduel mesuré, ce dernier évoluant de façon différente selon la vitesse du vent et selon son emplacement. Les points récepteurs les plus "sensibles" peuvent donc être différents en fonction des classes de vitesses de vent.

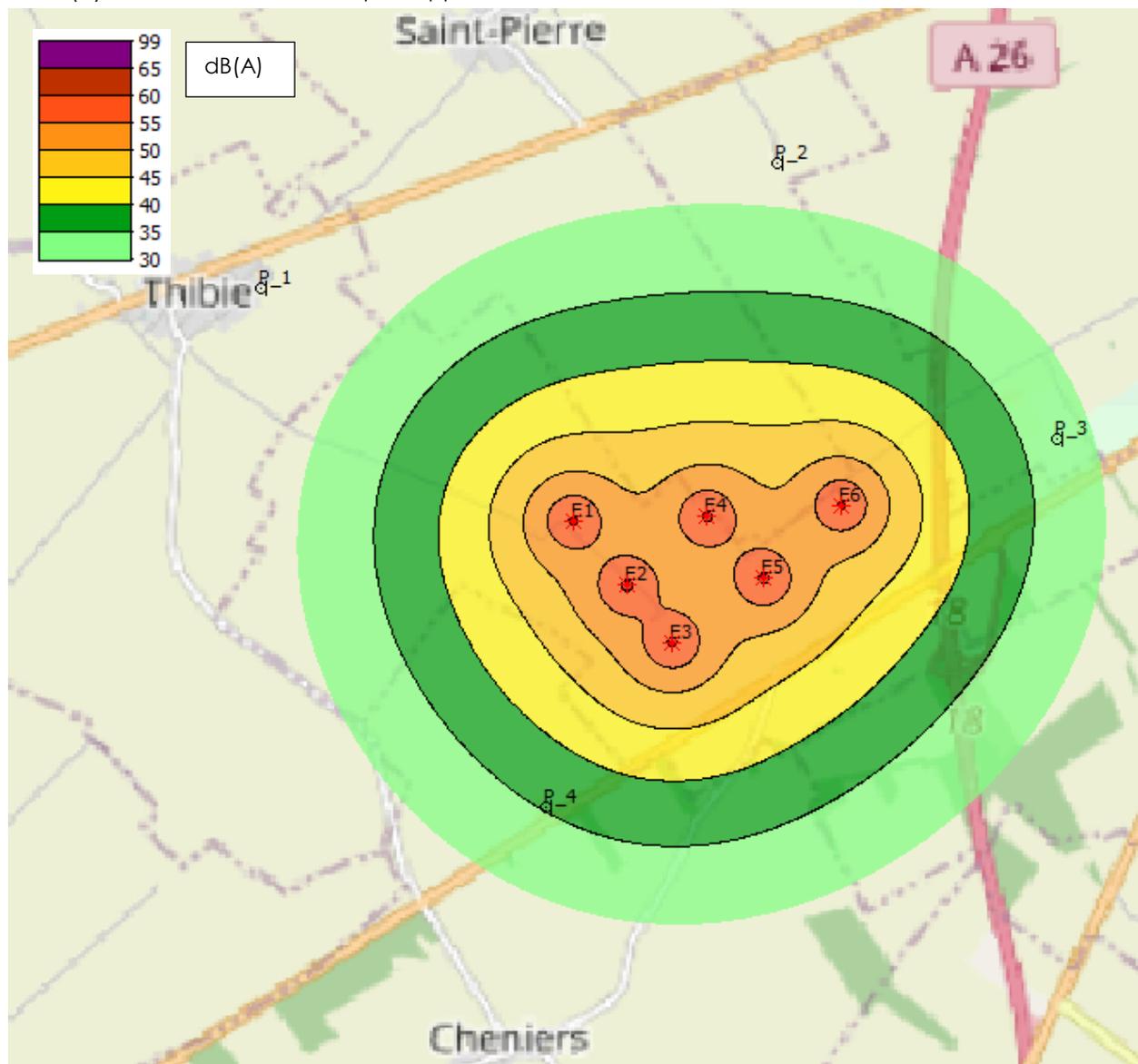
Précisons qu'un plan de fonctionnement différent pourra être ajusté à la mise en service du parc éolien, en fonction des possibilités techniques disponibles sur les éoliennes à ce moment-là, ou de l'évolution du niveau de bruit résiduel.

8. RESULTATS DES CALCULS ACOUSTIQUES PREVISIONNELS

8.1. Propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement

Afin de visualiser la propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement, nous présentons ci-après un exemple de carte de bruit particulier obtenue, pour des éoliennes type représentatives du gabarit de turbine étudié, d'une hauteur totale maximale en bout de pale de 200 m et d'une puissance acoustique de 106 dB(A).

A noter que la norme de calcul ISO 9613 fournit des résultats de calculs avec une occurrence de vent favorable dans toutes les directions (configuration de calcul contraignante). La carte de bruit est établie en dB(A) à une hauteur de 1.5 m par rapport au sol.



Nous présentons ci-après les tableaux de résultats des calculs prévisionnels aux différents points récepteurs, en fonction de la vitesse du vent sur les périodes réglementaires diurne et nocturne.

Notons que, conformément à la réglementation en vigueur, les émergences ne sont pas prises en compte lorsque le niveau de bruit ambiant est inférieur ou égal à 35 dB(A)

• **Résultat au voisinage en période diurne (7h-22)**

Vent standardisé 10 m en m/s	Période Diurne	Niveaux sonores en dB(A) Objectif : émergence < 5 dB(A) si bruit ambiant > 35 dB(A)			
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
		Thibie	Vide Besace	Mont Choisy	Ferme Notre Dame
3	Niveau de bruit résiduel, mesuré	39.0	36.5	46.0	42.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	9.2	11.5	15.2	18.0
	Niveau de bruit ambiant, calculé	39.0	36.5	46.0	42.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Niveau de bruit résiduel, mesuré	39.0	36.5	47.5	42.5
	Niveau de bruit particulier, calculé	10.2	12.7	16.5	19.4
	Niveau de bruit ambiant, calculé	39.0	36.5	47.5	42.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Niveau de bruit résiduel, mesuré	39.5	37.5	47.0	44.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	14.6	17.5	21.7	24.7
	Niveau de bruit ambiant, calculé	39.5	37.5	47.0	44.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Niveau de bruit résiduel, mesuré	41.0	41.0	49.5	46.5
	Niveau de bruit particulier, calculé	18.3	21.4	25.6	28.6
	Niveau de bruit ambiant, calculé	41.0	41.0	49.5	46.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Niveau de bruit résiduel, mesuré	42.5	42.5	50.5	48.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	42.5	42.5	50.5	48.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Niveau de bruit résiduel, mesuré	44.0	46.5	51.0	49.5
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	44.0	46.5	51.0	49.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Niveau de bruit résiduel, mesuré	45.0	48.5	51.5	50.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	45.0	48.5	51.5	50.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0

Commentaire : Les émergences obtenues sont inférieures au seuil réglementaire, sans appliquer de plan de fonctionnement optimisé.

- **Résultat au voisinage en période nocturne (22h-7h)**

Vent standardisé 10 m en m/s	Période Nocturne	Niveaux sonores en dB(A) Objectif : émergence < 3 dBA si bruit ambiant > 35 dBA			
		Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
	6 éoliennes représentatives du gabarit type étudié	Thibie	Vide Besace	Mont Choisy	Ferme Notre Dame
	FONCTIONNEMENT STANDARD				
3	Niveau de bruit résiduel, mesuré	30.0	28.5	39.0	34.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	9.2	11.5	15.2	18.0
	Niveau de bruit ambiant, calculé	30.0	28.5	39.0	34.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Niveau de bruit résiduel, mesuré	30.5	28.5	39.5	35.5
	Niveau de bruit particulier, calculé	10.2	12.7	16.5	19.4
	Niveau de bruit ambiant, calculé	30.5	28.5	39.5	35.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Niveau de bruit résiduel, mesuré	32.0	32.0	41.5	39.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	14.6	17.5	21.7	24.7
	Niveau de bruit ambiant, calculé	32.0	32.0	41.5	39.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Niveau de bruit résiduel, mesuré	34.0	35.5	42.0	40.5
	Niveau de bruit particulier, calculé	18.3	21.4	25.6	28.6
	Niveau de bruit ambiant, calculé	34.0	35.5	42.0	41.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.5
7	Niveau de bruit résiduel, mesuré	34.5	37.0	42.5	41.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	34.5	37.0	42.5	41.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.5
8	Niveau de bruit résiduel, mesuré	35.5	37.0	43.0	41.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	35.5	37.0	43.0	41.5
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.5
9	Niveau de bruit résiduel, mesuré	38.0	41.0	43.5	43.0
	Niveau de bruit particulier, calculé	19.5	22.7	26.9	29.9
	Niveau de bruit ambiant, calculé	38.0	41.0	43.5	43.0
	Emergence	0.0	0.0	0.0	0.0

Commentaire : Les émergences obtenues sont inférieures au seuil réglementaire, sans appliquer de plan de fonctionnement optimisé.

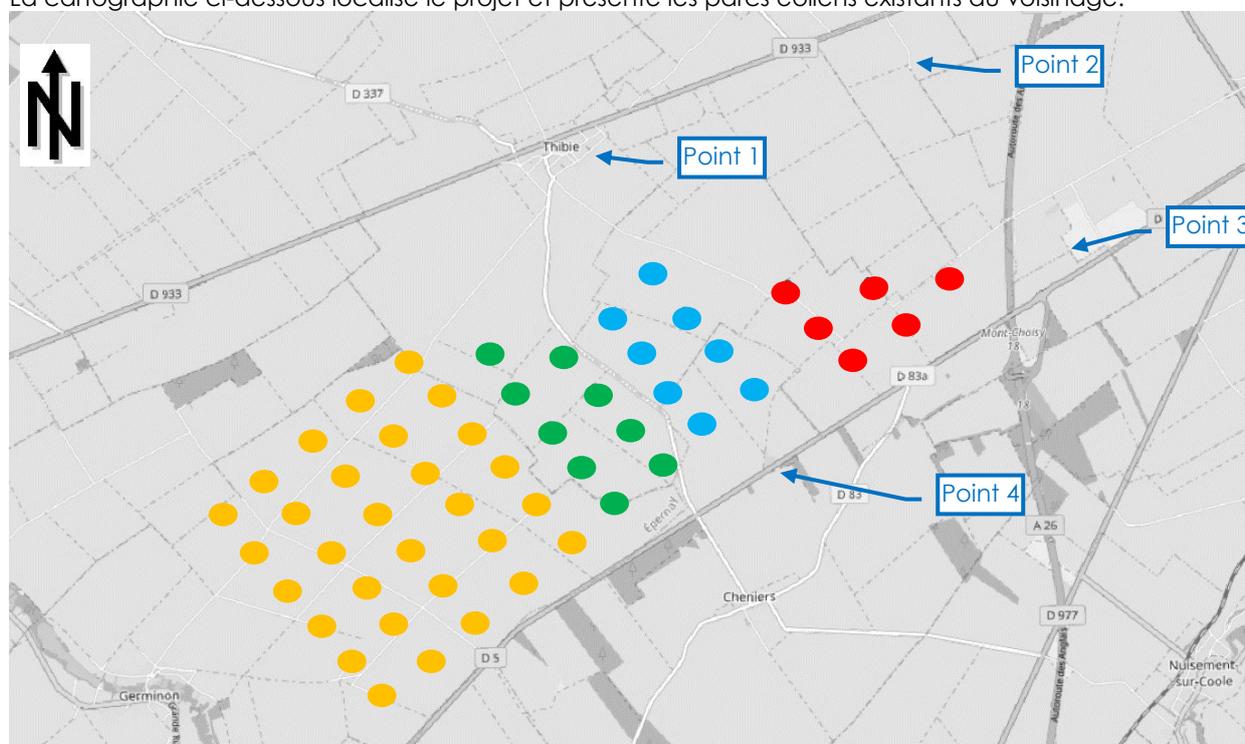
9. ETUDE D'IMPACT DES EFFETS CUMULES

A titre indicatif, un calcul de l'impact acoustique des parcs voisins existants (hors projet) est présenté dans les paragraphes suivants. Il est à noter que ces parcs existants peuvent avoir des plans de fonctionnement réduits en fonction des classes de vent et/ou des secteurs de vent sur site. Ne connaissant pas ces plans de fonctionnement probables, les calculs d'impact acoustique ont uniquement été réalisés selon un fonctionnement standard de chaque éolienne.

9.1. Emplacement des éoliennes

Pour rappel, le plan ci-dessous présente l'emplacement des différents parcs éoliens dans la zone d'étude.

La cartographie ci-dessous localise le projet et présente les parcs éoliens existants au voisinage.



Dans l'étude d'impact des effets cumulés, l'ensemble de ces parcs a été pris en considération :

- **Projet éolien étudié : 6 éoliennes présentant un gabarit type (hauteur maximale en bout de pale de 200 m) ;**
- **Parc éolien autorisé de Cheniers : 8 éoliennes d'un gabarit type présentant une hauteur maximale en bout de pale 180 m et une puissance maximale 4.5 MW ;**
- **Parc éolien de Thibie : 9 éoliennes VESTAS V110 2.0 MW sur mât de 95 m ;**
- **Parc éolien de Germinon : 30 éoliennes NORDEX N100 2.5MW sur mât de 100 m.**

9.1. Points de calcul

Les calculs prévisionnels ont été réalisés au niveau des mêmes lieux-dits que les calculs d'impact acoustique pour le parc en projet (cf. paragraphes précédent).

9.2. Caractéristiques acoustiques des éoliennes

Ne connaissant pas les éventuels plans de fonctionnement de ces parcs, les calculs d'impact acoustique ont uniquement été réalisés suivant le mode standard pour chaque éolienne.

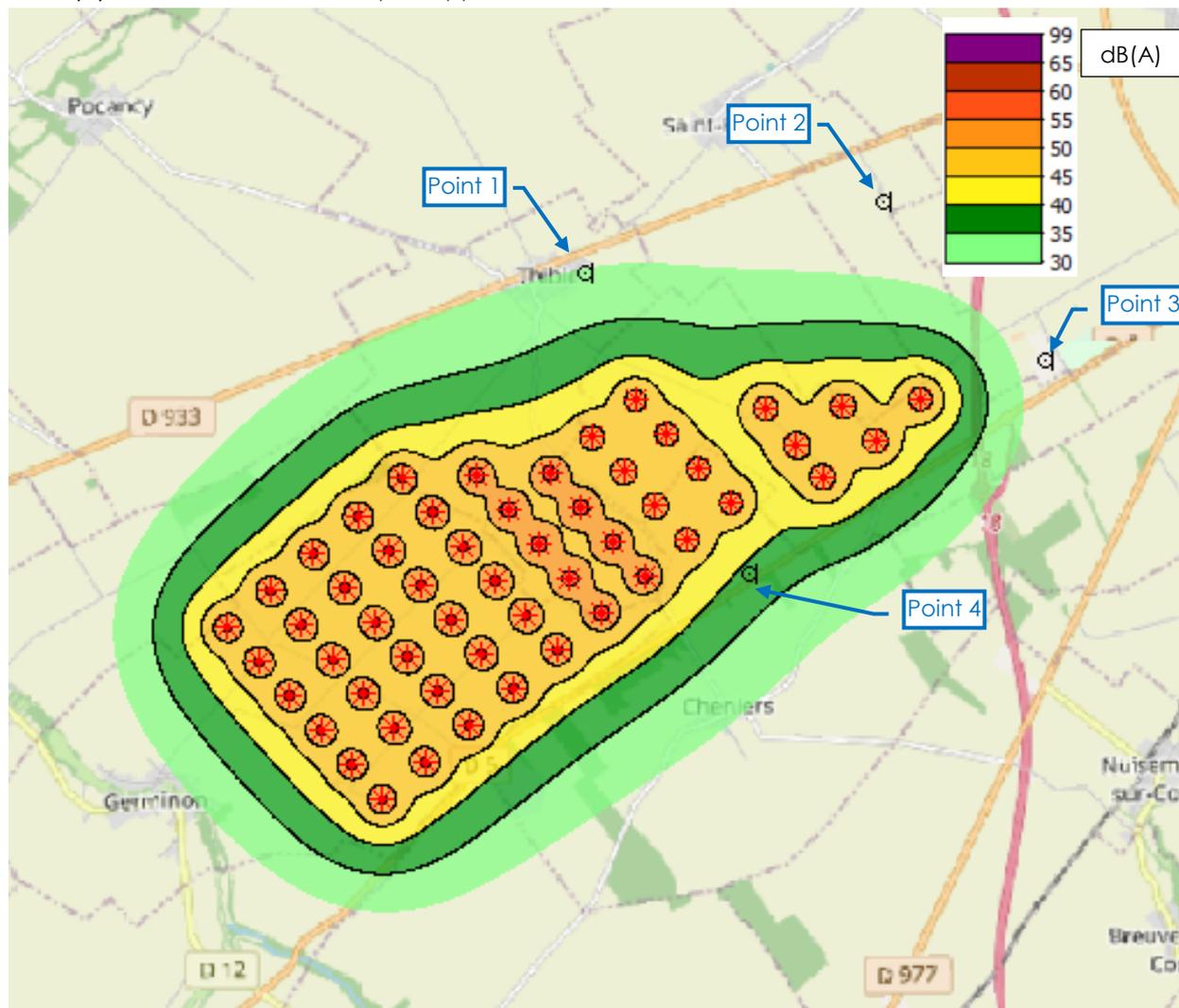
Le tableau ci-dessous présente les niveaux de puissance acoustique en mode standard des éoliennes des différents parcs :

Parc	Type d'éoliennes	Niveau de puissance acoustique Lw des modes standards en dB(A) en fonction de la vitesse standardisée du vent en m/s						
		3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
Projet éolien étudié	Gabarit type	94.0	95.4	100.8	104.8	106.1	106.1	106.1
Parc éolien autorisé de Cheniers	Gabarit type	91.9	95.7	100.7	104.5	105.0	105.0	105.0
Parc éolien de Thibie	VESTAS V110 2 MW HH=95 m	96.5	100.4	103.9	106.9	107.6	107.6	107.6
Parc éolien de Germinon	NORDEX N100 2.5 MW HH=100m	96.0	98.0	101.5	105.0	106.0	106.0	106.0

9.1. Propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement

Afin de visualiser la propagation du bruit des éoliennes dans l'environnement, nous présentons ci-après un exemple de carte de bruit particulier obtenue, pour des éoliennes type représentatives du gabarit de turbine étudié, d'une hauteur totale en bout de pale maximale de 200 m et les types d'éoliennes présentent sur les différents parcs pour une vitesse standardisée de 9 m/s.

A noter que la norme de calcul ISO 9613 fournit des résultats de calculs avec une occurrence de vent favorable dans toutes les directions (configuration de calcul contraignante). La carte de bruit est établie en dB(A) à une hauteur de 1.5 m par rapport au sol.



9.2. Impact calculé au voisinage

Le tableau ci-dessous présente l'impact en dB(A) des différents parcs au voisinage au niveau des points d'étude et présente le parc éolien le plus contributeur.

Point	Parc éolien	Impact des parc en éolien en dB(A) en fonction de la vitesse de vent standardisée 10 m en m/s						
		3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
Point 1	Projet éolien étudié	8.6	9.5	13.7	17.3	18.6	18.6	18.6
	Parc éolien de Thibie	14.3	17.9	21.3	24.3	25.0	25.0	25.0
	Parc éolien autorisé Cheniers	15.2	18.7	23.6	27.2	27.8	27.8	27.8
	Parc éolien de Germinon	12.4	14.0	17.1	20.4	21.4	21.4	21.4
	Total	19.3	22.3	26.4	29.8	30.5	30.5	30.5
	Parc le plus contributeur	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>
	Ajout dû aux autres parcs par rapport au parc le plus contributeur	4.1	3.6	2.8	2.6	2.7	2.7	2.7
Point 2	Projet éolien étudié	10.8	11.8	16.6	20.4	21.7	21.7	21.7
	Parc éolien de Thibie	8.2	10.7	13.6	16.3	16.9	16.9	16.9
	Parc éolien autorisé Cheniers	8.9	11.1	15.2	18.6	19.1	19.1	19.1
	Parc éolien de Germinon	8.4	9.4	11.6	14.4	15.3	15.3	15.3
	Total	15.2	16.9	20.6	24.0	24.9	24.9	24.9
	Parc le plus contributeur	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>
	Ajout dû aux autres parcs par rapport au parc le plus contributeur	4.5	5.0	4.0	3.6	3.3	3.3	3.3

Commentaires :

Au niveau du point 1, le parc éolien le plus contributeur est le parc éolien autorisé de Chenier, avec une contribution maximale inférieure à 30.5 dB(A) pour l'ensemble des parcs éoliens.

Au niveau du point 2, le parc éolien le plus contributeur est le projet éolien étudié, avec une contribution maximale inférieure à 25.0 dB(A) pour l'ensemble des parcs éoliens.

Point	Parc éolien	Impact des parc en éolien en dB(A) en fonction de la vitesse de vent standardisée 10 m en m/s						
		3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
Point 3	Projet éolien étudié	14.3	15.6	20.7	24.6	25.9	25.9	25.9
	Parc éolien de Thibie	7.6	9.8	12.5	15.1	15.8	15.8	15.8
	Parc éolien autorisé Cheniers	8.2	10.1	13.8	17.1	17.6	17.6	17.6
	Parc éolien de Germinon	8.1	8.9	11.0	13.6	14.5	14.5	14.5
	Total	16.6	18.0	22.3	26.0	27.1	27.1	27.1
	Parc le plus contributeur	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>	<i>Projet éolien étudié</i>
	Ajout dû aux autres parcs par rapport au parc le plus contributeur	2.3	2.5	1.6	1.4	1.2	1.2	1.2
Point 4	Projet éolien étudié	17.1	18.4	23.7	27.6	28.9	28.9	28.9
	Parc éolien de Thibie	21.4	25.2	28.7	31.7	32.4	32.4	32.4
	Parc éolien autorisé Cheniers	23.7	27.4	32.4	36.1	36.7	36.7	36.7
	Parc éolien de Germinon	14.4	16.2	19.5	22.8	23.8	23.8	23.8
	Total	26.5	30.0	34.5	38.0	38.7	38.7	38.7
	Parc le plus contributeur	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>	<i>Parc éolien autorisé Cheniers</i>
	Ajout dû aux autres parcs par rapport au parc le plus contributeur	2.9	2.6	2.1	1.9	2.0	2.0	2.0

Commentaires :

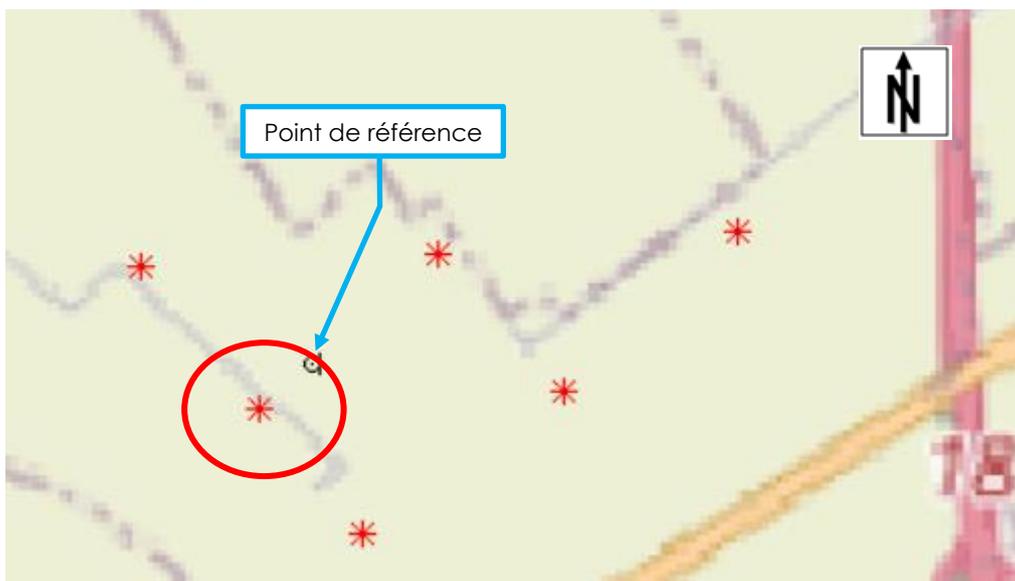
Au niveau du point 3, le parc éolien le plus contributeur est le projet éolien étudié, avec une contribution maximale inférieure à 27 dB(A) pour l'ensemble des parcs éoliens.

Au niveau du point 4, le parc éolien le plus contributeur est le parc autorisé de Chenier, avec une contribution maximale inférieure à 38.5 dB(A) pour l'ensemble des parcs éoliens.

10. NIVEAU SONORE SUR LE PERIMETRE DE MESURE

L'arrêté du 26 août 2011 fixe des niveaux de bruit maxi (70 dB(A) le jour et 60 dB(A) a nuit) à l'emplacement d'un périmètre de mesure du bruit correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre les aérogénérateurs et de rayon $R = 1,2 \times$ (hauteur de moyeu + longueur d'un demi-rotor).

Nous décidons de déterminer un "Point de référence" : point situé à l'emplacement le plus contraignant du périmètre de mesure du bruit défini ci-dessus.



D'autre part, à proximité immédiate des éoliennes, le niveau de bruit résiduel étant négligeable par rapport à celui généré par les éoliennes, nous considérerons que le niveau de bruit ambiant est égal au niveau de bruit particulier calculé.

Le calcul du niveau sonore sur le "Point de référence" est réalisé pour la configuration la plus contraignante : fonctionnement des éoliennes en régime maximum.

Rayon R	210 m
Niveau de bruit particulier calculé au point de référence	48.5

Les niveaux sonores calculés au "Point de référence" (voir chapitre "Protocole" ci-avant) sont inférieurs aux seuils maximums de 70 dB(A) le jour et 60 dB(A) la nuit, et donc conformes pour le type d'éolienne pris en compte.

11. ÉVALUATION DES TONALITES MARQUEES

Dans un cas général, il est admis qu'une éolienne en fonctionnement normal ne produit pas de tonalité marquée, sauf dans un cas particulier de défaut sur la machine.

Une recherche de tonalités marquées a été menée sur des éoliennes présentant un gabarit type.

Le tableau présentant les résultats de recherche de tonalités marquées sur les spectres de tiers d'octaves de puissance acoustique des éoliennes sont présentés en annexe.

Aucune tonalité marquée n'a été détectée à l'émission pour ce type d'éolienne.

La déformation en fréquence créée par l'air dans le cadre de la propagation acoustique de l'éolienne en fonctionnement ne sera en aucun cas suffisante pour faire apparaître un phénomène de tonalité marquée s'il n'est pas présent dans le spectre sonore à l'émission.

Par conséquent, aucune tonalité marquée n'est à prévoir pour le projet.

12. CONCLUSIONS

Dans le cadre du projet éolien de Villers le Château (51), la société VALOREM en qualité de porteur de projet, a confié à ALHYANGE la partie acoustique de l'étude d'impact.

L'objet de la mission est de caractériser l'impact acoustique du futur parc éolien au niveau des habitations qui seront potentiellement les plus exposées, et de comparer les résultats aux objectifs réglementaires fixés sur base des niveaux sonores actuels sur site.

Des mesures acoustiques permettant de quantifier la situation acoustique initiale ont été réalisées en 4 points représentatifs, conformément au projet de norme Pr NF S 31-114 « Mesurage du bruit dans l'environnement avant installation éolienne ».

Les indicateurs de bruit résiduel calculés pour chaque point de mesure en fonction de la vitesse et du secteur de vent considérés sont présentés ci-avant dans les tableaux chapitre 6 et sont détaillés en Annexe.

Les résultats de l'étude d'impact prévisionnelle, réalisée pour 6 éoliennes présentant un gabarit type (hauteur de nacelle maximum de 125 m, hauteur maximale en bout de pale : 200 m, puissance unitaire maximale : 6.0 MW) :

- Les résultats prévisionnels au voisinage, montrent que les émergences obtenues sont inférieures au seuil réglementaire sur les périodes diurne et nocturne, sans appliquer de plan de fonctionnement optimisé.
- Le niveau sonore calculé sur le périmètre de mesure est inférieur aux seuils maximums de 70 dB(A) le jour et 60 dB(A) la nuit, et donc conforme.
- Une recherche de tonalités marquées a été menée sur les éoliennes. Aucune tonalité marquée n'a été détectée.
- L'étude des impacts cumulés a permis de calculer la contribution en dB(A) des différents parcs de la zone sur les points d'étude.

13. ANNEXES

- **PHOTOGRAPHIES DES POINTS DE MESURE**
- **RESULTATS DETAILLES PAR POINT DE MESURE**
 - FICHES DE MESURE
 - NOMBRE DE DESCRIPTEURS OBTENUS PAR CLASSE DE VITESSE DE VENT
 - NUAGES DE POINTS ET CORRELATIONS
NIVEAU SONORE GLOBAL / VITESSE DU VENT
- **RECHERCHE DE TONALITES MARQUEES**
- **NIVEAUX DE PUISSANCE ACOUSTIQUE DES EOLIENNES**
- **MATERIEL UTILISE**
- **NOTIONS D'ACOUSTIQUE**

14. PHOTOGRAPHIES DES POINTS DE MSURE

Point 1



Point 2



Point 3



Point 4



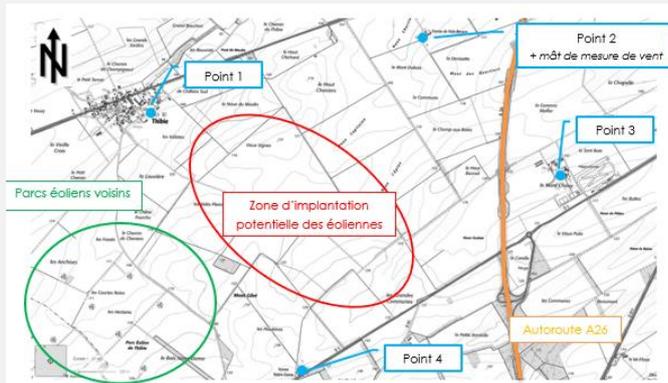
Mât de mesure de vent



15. RESULTATS DETAILLES – POINT 1

Point 1 – Thibie

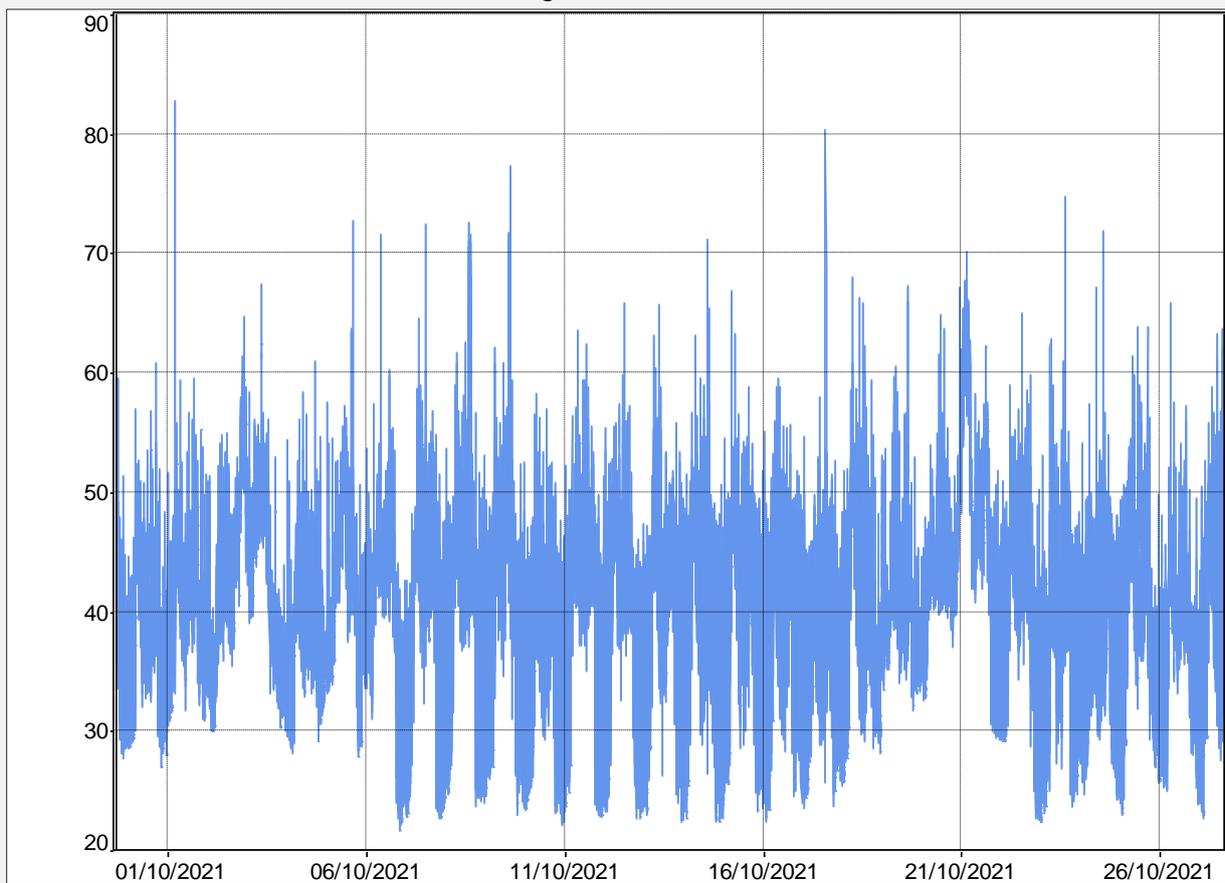
Implantation



Photographie



Chronogramme de mesure



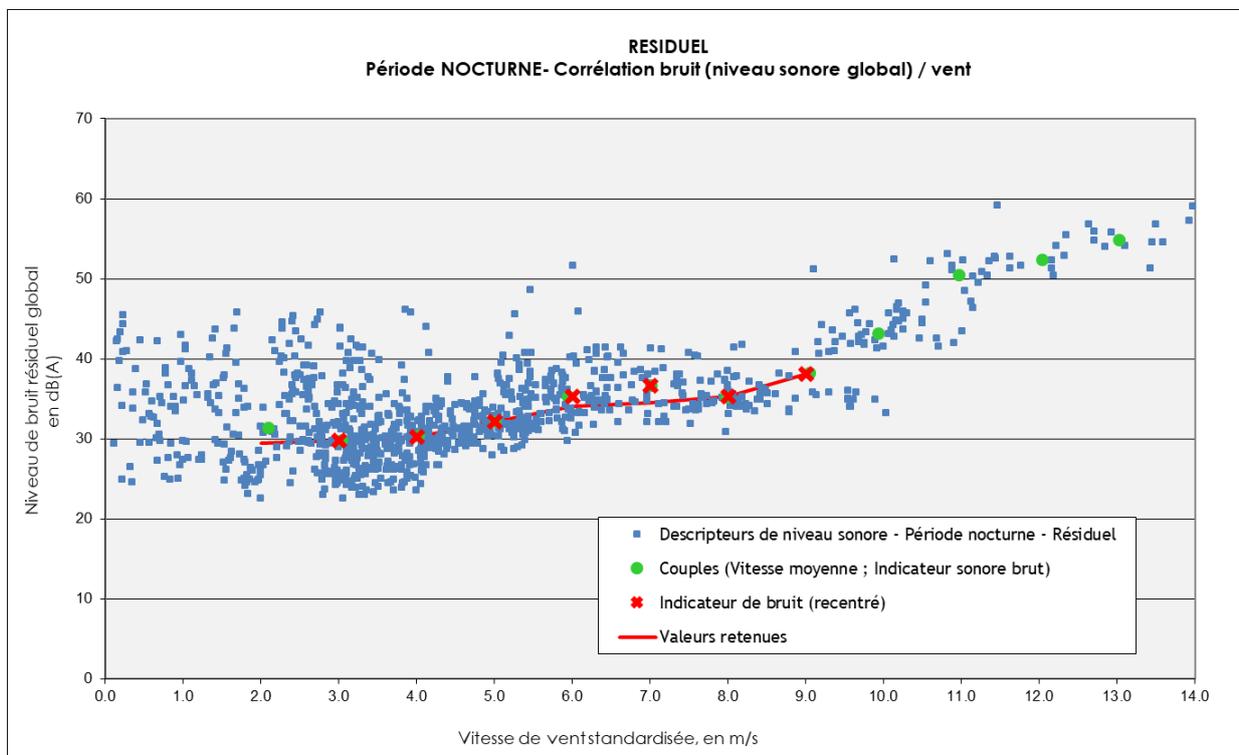
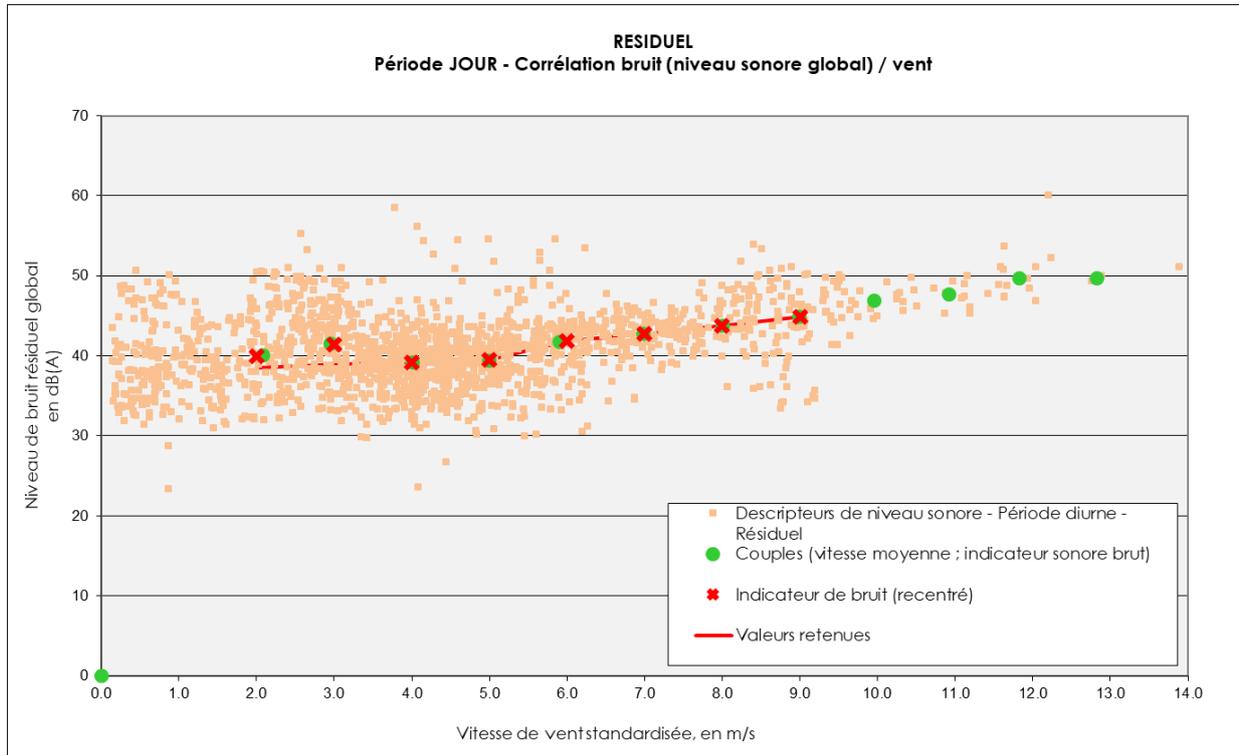
- **Point 1 – Bruit Résiduel, nombre de descripteurs**

Vitesse de vent standardisée en m/s	Point 1			
	Période Diurne		Période Nocturne	
	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs
3	39.0	260.0	30.0	209.0
4	39.0	365.0	30.5	179.0
5	39.5	250.0	32.0	142.0
6	41.0	170.0	34.0	96.0
7	42.5	121.0	34.5	44.0
8	44.0	88.0	35.5	52.0
9	45.0	77.0	38.0	21.0
10	-	24.0	-	41.0

- **Point 1 – Nuages de points et corrélations du niveau sonore global / vitesse du vent.**

Pour chaque point et pour chaque période, les graphiques ci-après présentent les éléments suivants :

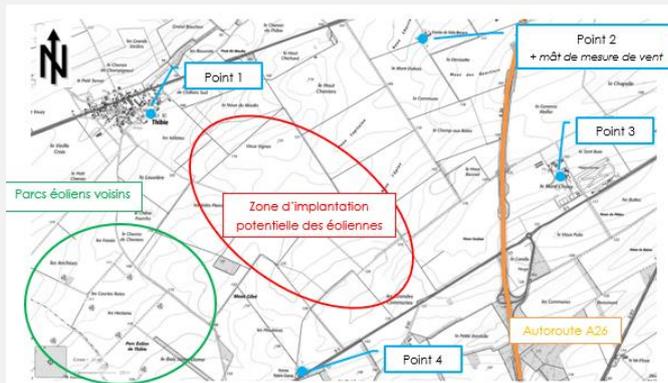
- Le nuage de **descripteurs de niveau sonore**
Un descripteur du niveau sonore correspond à l'indice L_{50} des L_{Aeq} mesurés sur 10 min
- Pour chaque classe de vitesse de vent standardisée : **le couple (vitesse moyenne ; indicateur sonore brut)**. Ce couple correspond, pour chaque classe de vitesse de vent, à la médiane des descripteurs corrélée à la moyenne arithmétique des vitesses de vents mesurées.
- Pour chaque classe de vitesse de vent : **l'indicateur de bruit recentré** à la valeur entière de vitesse de vent.
L'indicateur de bruit est le niveau sonore associé à une classe de vitesse de vent, au sens de la 31-114. Il est obtenu par interpolation entre les couples (vitesse moyenne ; indicateur sonore brut) contigus.
- **La courbe présentant les valeurs retenues suivant notre analyse du nuage de descripteurs.**
Nous ajustons les valeurs de niveau sonore que nous retenons, en nous basant sur les indicateurs de bruit recentrés issus de la méthodologie de la norme, mais en prenant en compte le faible nombre d'échantillons sur certaines classes de vents, dans le but d'obtenir des courbes d'allure représentative.



16. RESULTATS DETAILLES – POINT 2

Point 2 – Vide Besace

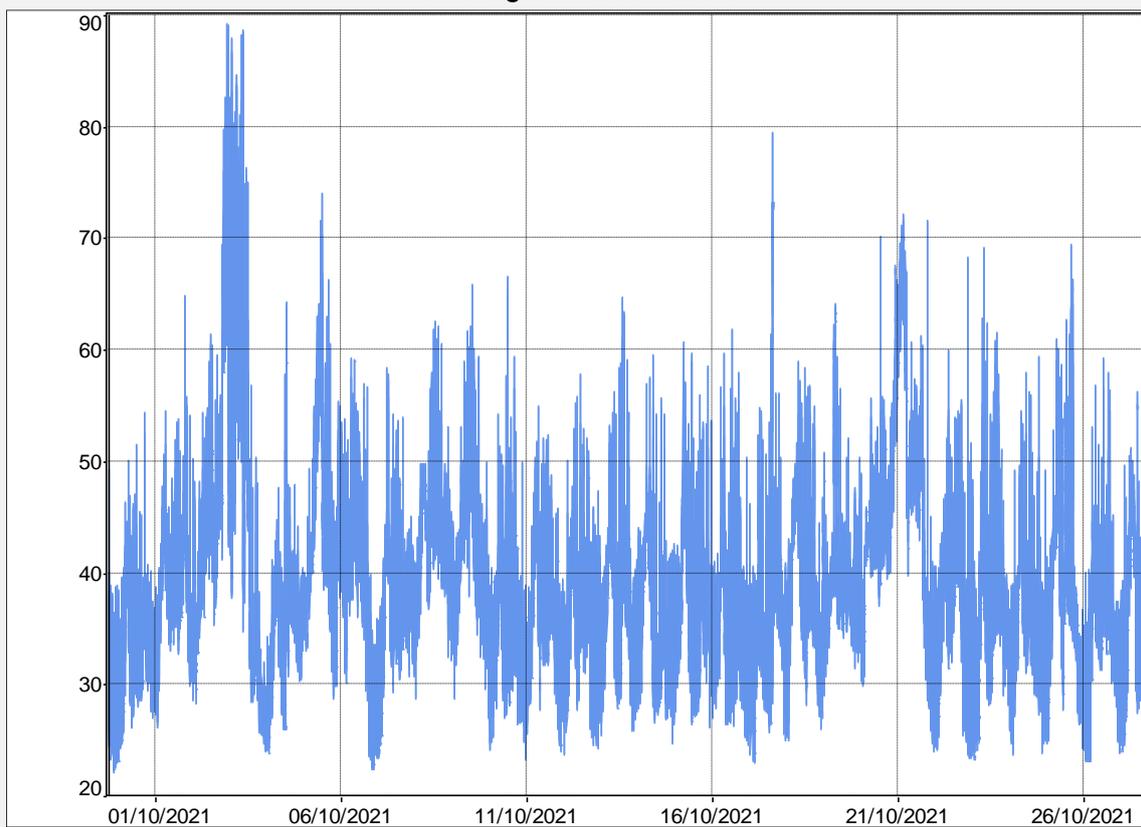
Implantation



Photographie



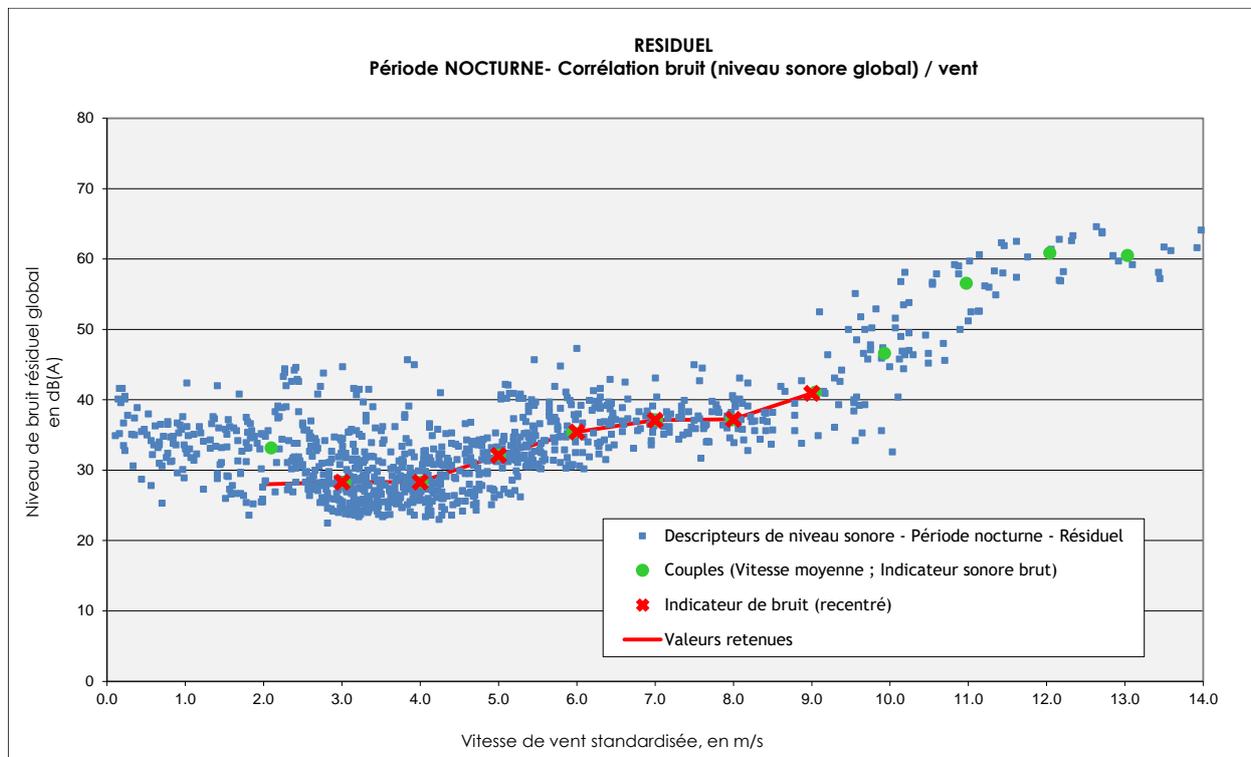
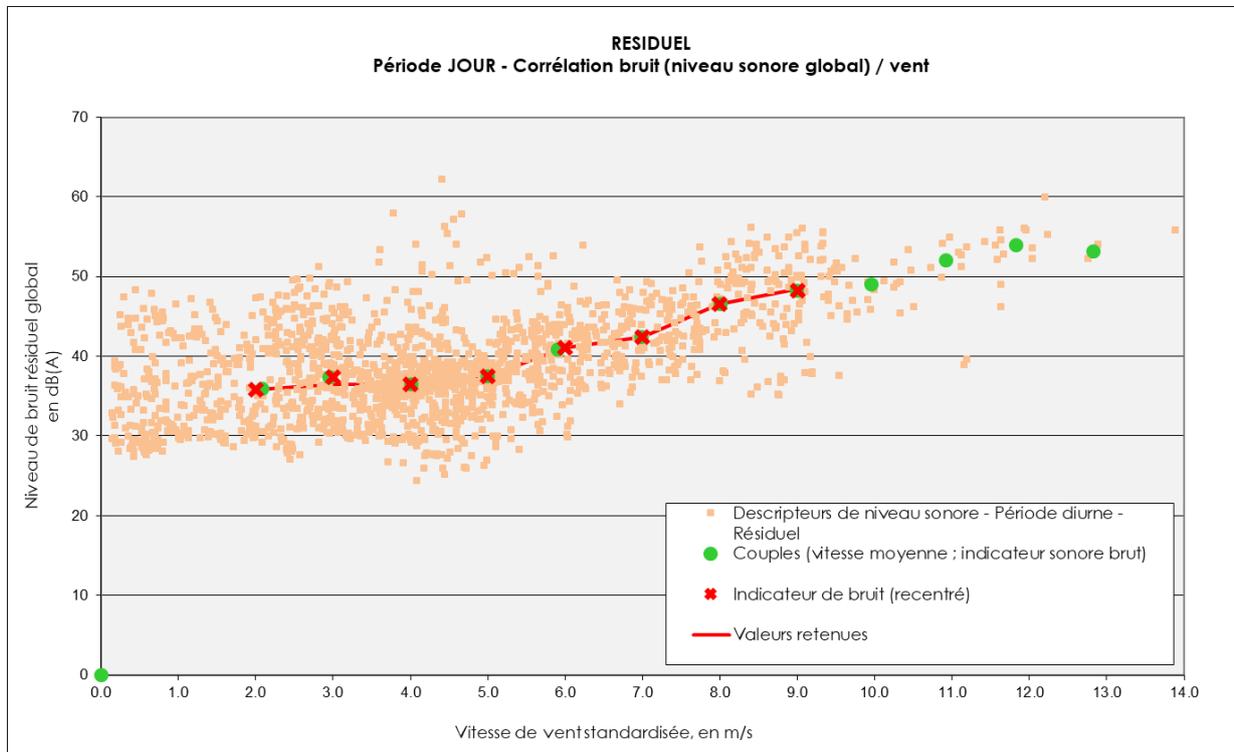
Chronogramme de mesure



- **Point 2 – Bruit Résiduel, nombre de descripteurs**

Vitesse de vent standardisée en m/s	Point 2			
	Période Diurne		Période Nocturne	
	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs
3	36.5	260.0	28.5	209.0
4	36.5	365.0	28.5	179.0
5	37.5	249.0	32.0	142.0
6	41.0	165.0	35.5	96.0
7	42.5	117.0	37.0	44.0
8	46.5	88.0	37.0	52.0
9	48.5	77.0	41.0	21.0
10	-	24.0	-	41.0

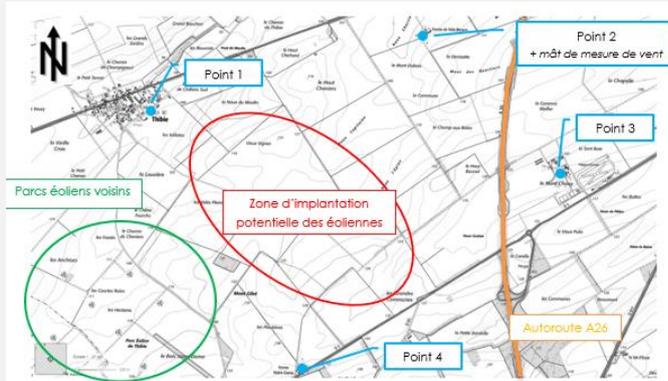
- Point 2 – Nuages de points et corrélations du niveau sonore global / vitesse du vent.



17. RESULTATS DETAILLES – POINT 3

Point 3 – Mont Choisy

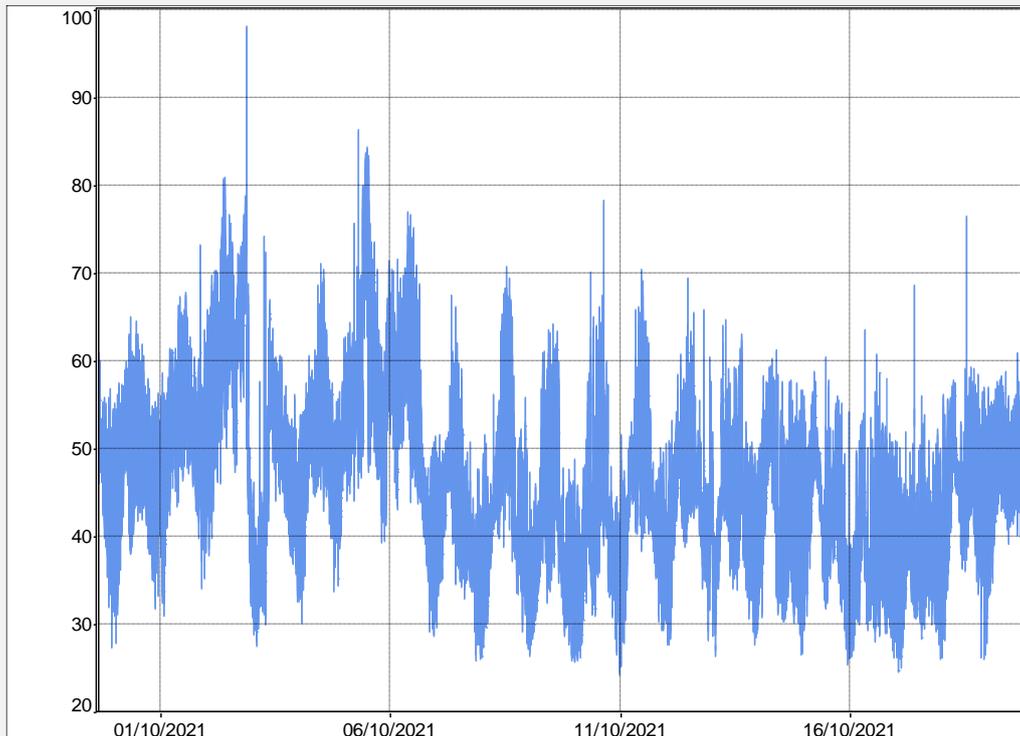
Implantation



Photographie



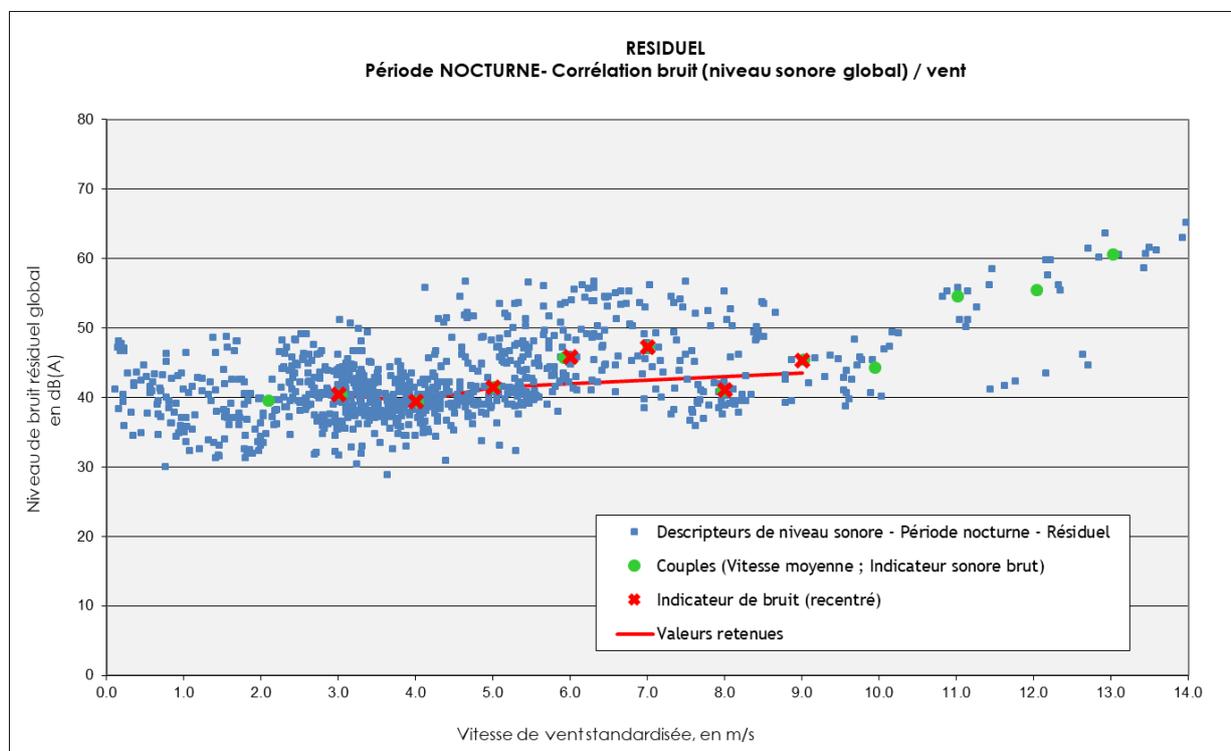
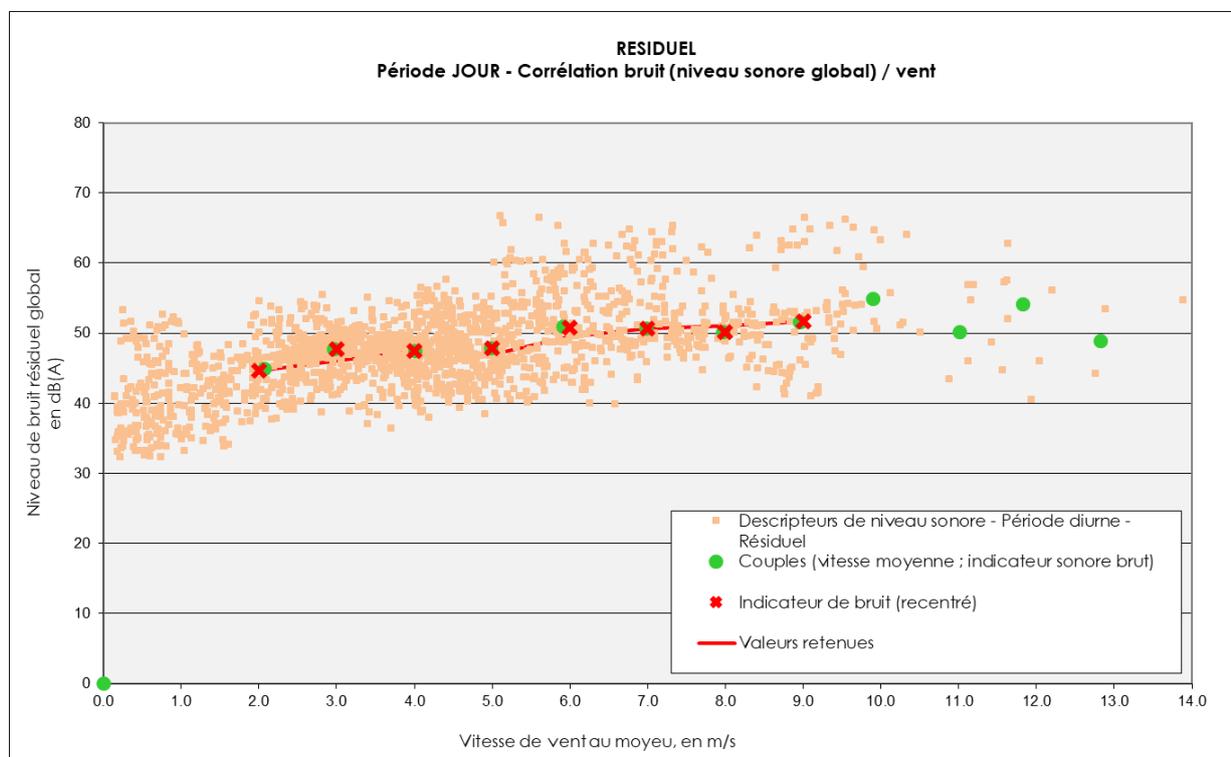
Chronogramme de mesure



- **Point 3 – Bruit Résiduel, nombre de descripteurs**

Vitesse de vent standardisée en m/s	Point 3			
	Période Diurne		Période Nocturne	
	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs
3	46.0	261.0	39.0	209.0
4	47.5	367.0	39.5	179.0
5	47.0	248.0	41.5	136.0
6	49.5	170.0	42.0	84.0
7	50.5	122.0	42.5	43.0
8	51.0	78.0	43.0	52.0
9	51.5	67.0	43.5	13.0
10	-	20.0	-	18.0

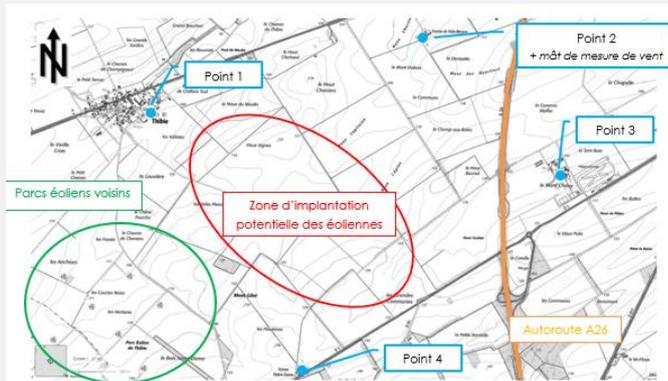
- Point 3 – Nuages de points et corrélations du niveau sonore global / vitesse du vent.



18. RESULTATS DETAILLES – POINT 4

Point 4 – Ferme Notre Dame

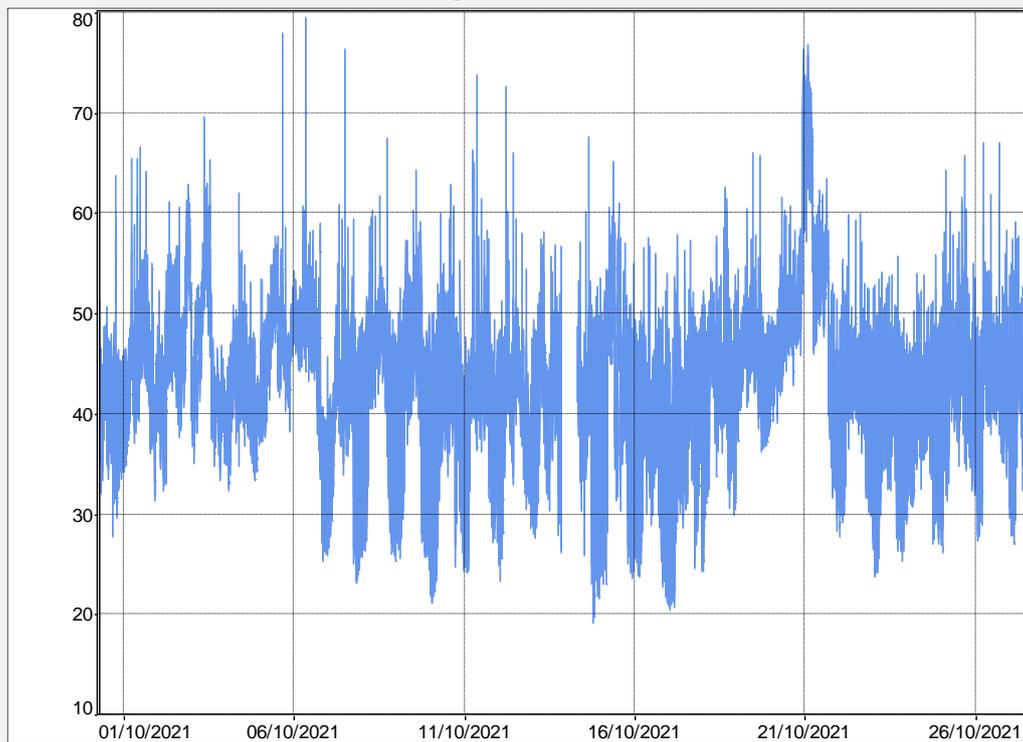
Implantation



Photographie



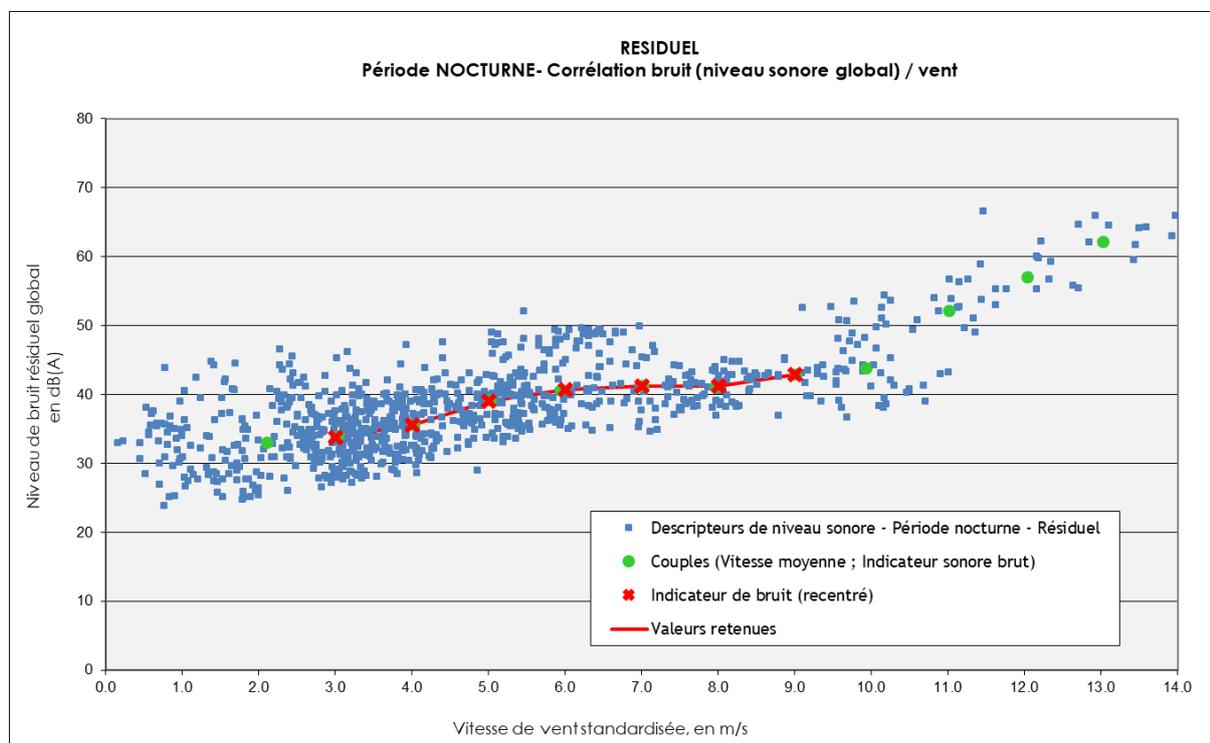
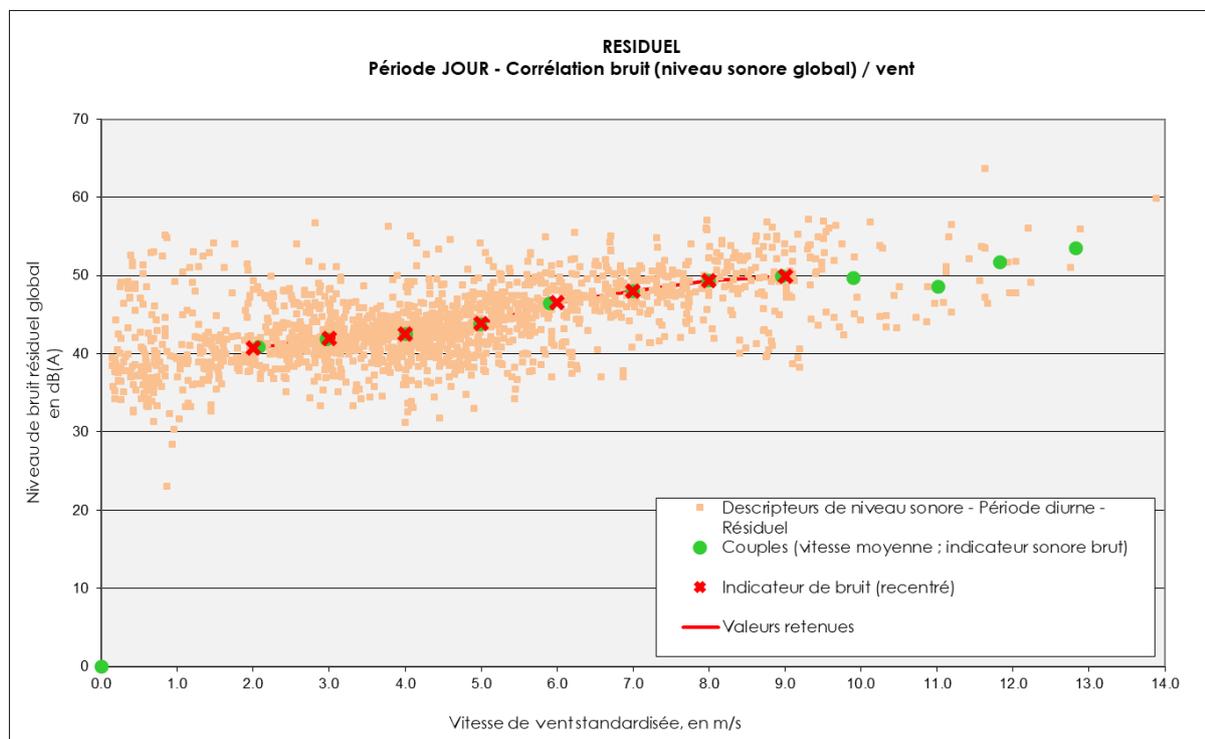
Chronogramme de mesure



- **Point 4 – Bruit Résiduel, nombre de descripteurs et incertitude de mesurage Uc**

Vitesse de vent standardisée en m/s	Point 4			
	Période Diurne		Période Nocturne	
	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs	Bruit résiduel en dB(A)	Nb de descripteurs
3	42.0	249.0	34.0	196.0
4	42.5	365.0	35.5	151.0
5	44.0	245.0	39.0	129.0
6	46.5	158.0	40.5	96.0
7	48.0	117.0	41.0	44.0
8	49.5	88.0	41.0	52.0
9	50.0	77.0	43.0	21.0
10	-	24.0	-	41.0

- Point 4 – Nuages de points et corrélations du niveau sonore global / vitesse du vent.



19. RECHERCHE DE TONALITES MARQUEES

Dans un cas général, il est admis qu'une éolienne en fonctionnement normal ne produit pas de tonalité marquée, sauf dans un cas particulier de défaut sur la machine.

Une recherche de tonalités marquées a été menée sur un spectre type correspondant aux éoliennes testées.

Les tableaux ci-après présentent les résultats de recherche de tonalités marquées sur les spectres de tiers d'octaves de puissance acoustique des éoliennes.

Aucune tonalité marquée n'a été détectée.

Pour chaque bande de tiers d'octave :

- D1 correspond à la différence entre le niveau de puissance acoustique L_w correspondant à cette bande de tiers d'octave, et niveau de puissance acoustique L_w correspondant à la moyenne énergétique des deux bandes de tiers d'octaves précédentes ;
- D2 correspond à la différence entre le niveau de puissance acoustique L_w correspondant à cette bande de tiers d'octave, et niveau de puissance acoustique L_w correspondant à la moyenne énergétique des deux bandes de tiers d'octaves suivantes.

Une tonalité marquée est détectée sur une bande de tiers d'octave si D1 et D2 sont supérieures au maxi admissible.

Notons que ce calcul est réalisé sur base des niveaux de puissance acoustique des éoliennes (correspondant aux niveaux sonores théoriques à proximité immédiate des machines). Le bruit particulier des éoliennes au voisinage étant plus faible, et "mêlé" au bruit résiduel de la zone, l'absence de tonalité marquée sur les niveaux de puissance acoustique garanti à plus forte raison l'absence de tonalité marquée au voisinage.

Recherche de tonalités marquées –Gabarit type sur mât de 125 m					
Fréquence en Hz	Lp en dB	D1	D2	maxi pour D1 et D2	conformité
50	72.2	--	--	--	-
63	75.8	--	--	--	-
80	80.9	6.5	-2.9	10	oui
100	82.2	3.1	-5.8	10	oui
125	85	3.4	-4.0	10	oui
160	89.7	5.9	0.8	10	oui
200	88.2	0.2	-2.0	10	oui
250	89.5	0.5	-1.8	10	oui
315	90.8	1.9	-2.9	10	oui
400	91.7	1.5	-3.1	10	oui
500	95	3.7	0.3	10	oui
630	94.6	0.9	-1.3	5	oui
800	94.8	0.0	-1.6	5	oui
1000	96.8	2.1	0.5	5	oui
1250	95.9	0.0	-0.5	5	oui
1600	96.7	0.3	1.2	5	oui
2000	96	-0.3	1.6	5	oui
2500	95	-1.4	2.1	5	oui
3150	93.8	-1.7	3.1	5	oui
4000	91.8	-2.6	4.3	5	oui
5000	89.1	-3.8	5.8	5	oui
6300	85.1	-5.6	4.9	5	oui
8000	80.3	-7.2	1.0	5	-
10000	80.1	-3.2	3.5	5	-

Nota :

Notons que pour un modèle d'éolienne, l'allure du spectre est généralement très similaire sur les différentes plages de vitesses de vent. L'absence de tonalité marquée sur ce spectre type garanti donc l'absence de tonalité marquée sur l'ensemble des vitesses de vents.

20. MATERIEL UTILISE

- Instruments de mesures acoustiques**

Marque	Modèle	ID	N° Série		
			Sonomètre	Préamplificateur	Microphone
01 dB	FUSION	F8	11821	-	291909
01 dB	FUSION	F9	11822	-	259595
01 dB	FUSION	F13	12328	-	331248
01 dB	CUBE	Q14	12013	1936119	367040

Sonomètres intégrateurs de classe 1, conformément à la norme NFS 31009 (NF EN 60804).

- Logiciels**

Logiciel	Version	Description
dBtrait (01dB)	6.3	Analyse des mesures acoustiques dans l'environnement

21. NOTIONS ACOUSTIQUES

Niveau sonore ambiant

Niveau sonore résultant de la somme de la contribution du bruit du parc éolien et de la contribution du bruit émis par toutes les autres sources de bruit de l'environnement (végétation, voies routières...). Le niveau sonore ambiant représente le bruit mesuré lorsque le parc éolien objet de l'étude est en fonctionnement.

Niveau de bruit résiduel

Niveau de bruit mesuré sans activité du parc éolien émis par toutes les autres sources de bruit de l'environnement (végétation, voies routières...).

Niveau de bruit particulier

Composante du bruit ambiant correspondant à la contribution sonore seule du parc éolien.

Emergence

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

Lp

Niveau de pression acoustique à une certaine distance de la source. Le Lp global s'exprime en dB(A) ; le Lp par fréquence s'exprime en dB.

Indices Fractiles LX

Niveau de pression acoustique pondéré A dépassé pendant X% de l'intervalle de temps considéré. Les L90 et L50 (niveaux sonores dépassés pendant 90 et 50% du temps) sont les plus utilisés pour caractériser une ambiance sonore.

Lw

Niveau de puissance acoustique caractérisant l'émission sonore de l'éolienne et servant de base de calcul pour déterminer un niveau sonore à une distance donnée ; il ne dépend pas de la distance : c'est une valeur intrinsèque à la source.

Le niveau sonore émis par une éolienne Lw, tout comme la puissance électrique délivrée, dépend notamment de la vitesse du vent.

Echelle comparative de niveaux sonores

L'échelle ci-dessous est donnée à titre indicatif afin de mieux se rendre compte des niveaux sonores présentés.

Les valeurs indiquées sont des niveaux sonores globaux en dB(A).



Direction de vent

Direction de provenance du vent. L'origine angulaire de la rose des vents est orientée au nord (0°), et les angles sont comptés positifs dans le sens des aiguilles d'une montre. En France, les directions de provenance du vent sont principalement Sud-Ouest et Nord-Est.

Secteur de direction de vent

Le secteur de direction de vent est défini par un intervalle de $\pm 30^\circ$ 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.

Classe de vitesse de vent

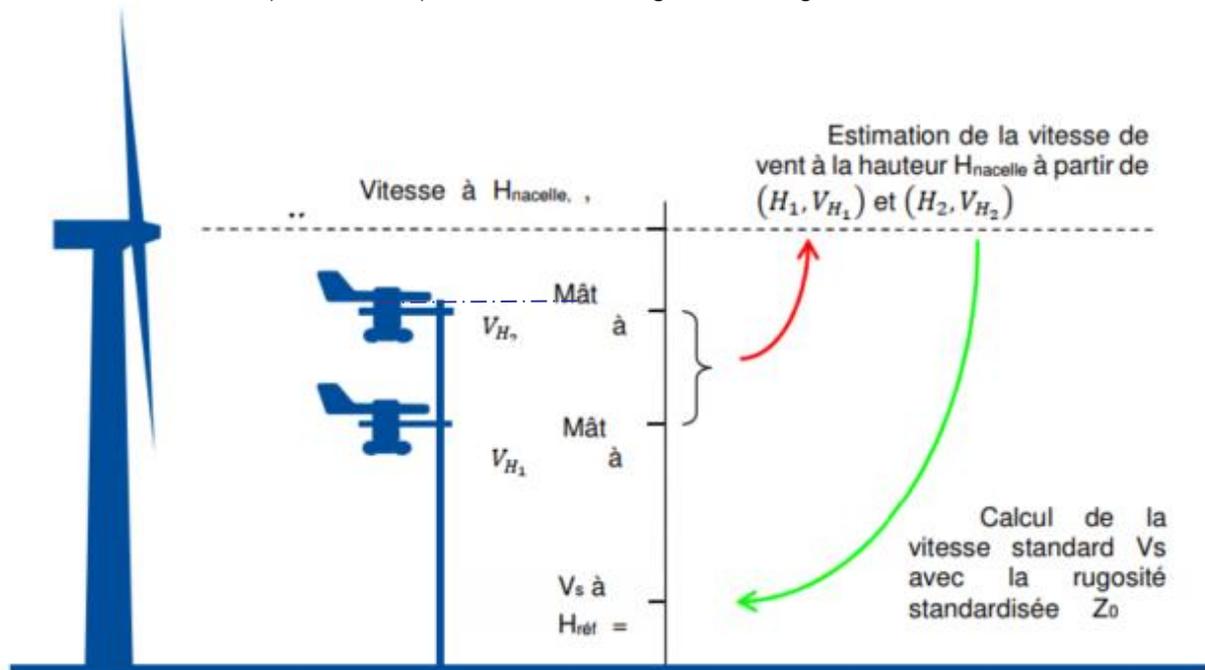
Intervalle de vitesse de vent de largeur 1 m/s et centré sur la valeur entière de la vitesse de vent étudiée. Il sera ouvert sur la valeur inférieure (valeur égale à la valeur entière $- 0,5$ m/s) et fermé sur la valeur supérieure (égale à la valeur entière $+ 0,5$ m/s). Par exemple, une vitesse de vent 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.

Longueur de rugosité

Grandeur en mètres 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 en fonction de la hauteur au-dessus du sol.

Vitesse de vent standardisée V_s

La vitesse de vent standardisée correspond à une vitesse de vent calculée à une hauteur de référence de 10 mètres de haut, et pour un sol présentant une longueur de rugosité de référence de 0,05 mètre.



Mode de fonctionnement optimisé

Moyen technique disponible sur une éolienne permettant de réduire son niveau de puissance acoustique en réduisant sa vitesse de rotation (appelé aussi bridage).

Plan de fonctionnement optimisé (ou Plan de Gestion Acoustique)

Ensemble des modes de fonctionnement optimisés nécessaires sur l'ensemble des éoliennes d'un parc définis par classe de vitesse de vent et par Condition Homogène de Bruit (jour/nuit, secteur de vent, saison...) afin d'assurer la conformité acoustique du parc au voisinage.

Spécificité du bruit des éoliennes (tiré du Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens (actualisation 2020) édité par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer)

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

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

Ces différents bruits ont tendance à se confondre au fur et à mesure que l'on s'éloigne des éoliennes. Le bruit mécanique disparaît rapidement, et demeure un bruit d'origine aérodynamique avec un bruit périodique correspondant aux passages des pales devant le mât.

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

