

PIECE N°9
Annexe 3
**ETUDE D'IMPACT
ACOUSTIQUE**

Développement d'un parc éolien

**« *Projet éolien de
Tincey et
Pontrebeau* »**

Département
Haute-Saône (70)
Région

Bourgogne-Franche-Comté

REDACTEUR :

Florent BRUNEAU, Ingénieur

Thomas BENOIST, Technicien

DOSSIER :

2020.0768 _Dossier_Projet Eolien de
Tincey et Pontrebeau_1.3

DATE :

24/05/2022

Pages :

58

ECHOPSY SASU

Siège social : 19, chemin de la Chesnaye
76960 Notre Dame de Bondeville

RCS : ROUEN - SIRET : 447 725 953 00023 - APE : 7120B

SOMMAIRE

1. Avant-propos	3
1.1. Opération concernée	3
1.2. Travaux réalisés	3
1.3. Impartialité	4
1.4. Présentation du site et du projet	4
1.5. Industries et infrastructures de transport	6
1.6. Cadre réglementaire	7
1.7. Contexte éolien	9
2. Mesures des niveaux sonores sur site	10
2.1. Généralités concernant les niveaux sonores	10
2.2. Textes applicables aux mesures	11
2.3. Indicateurs et exploitation acoustique	11
2.4. Stratégie de mesure	13
2.5. Données météorologiques mesurées sur le site	14
3. Résultats des mesures de bruits résiduels	16
3.1. Point 1 : Lavoncourt	16
3.2. Point 2 : Theuley	20
3.3. Point 3 : Rue des Pierres Blanches	23
3.4. Point 4 : Grande Rue	26
3.5. Point 5 : Le Moulin	29
3.6. Point 6 : Pontrebeau	32
3.7. Synthèse des données bruit/vent	35
3.7.1 Conditions de vents Sud-Ouest	35
3.7.2 Conditions de vents Nord-Est	36
4. Simulation d'impact sonore	38
4.1. Niveaux sonores des éoliennes	38
4.2. Modélisation du site	39
4.3. Paramètres de saisie	39
4.4. Niveaux sonores des éoliennes	41
4.5. Résultats du calcul du bruit ambiant	42
4.5.1 Résultat en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])	42
4.5.2 Résultat en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])	43
5. Evaluation réglementaire	44
5.1. Résultats des émergences globales	44
5.1.1. Résultats en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])	44
5.1.2 Résultats en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])	45
5.2 Mise en conformité et réduction des impacts	46
5.2.1 Plan de gestion Acoustique en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])	47
5.2.2 Plan de gestion Acoustique en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])	48
5.3 Résultats des seuils en limite de périmètre	50
5.4 Tonalités marquées	51
5.5. Impacts cumulés des projets éoliens	52
6. Conclusions	53
6.1 Résultats de l'étude d'impact acoustique	53
6.2 Accompagnement à la préparation du constat sonore	53
Annexes	54
Annexe 1 - Bibliographie	54
Annexe 2 - Lexique	54
Annexe 3 – Coordonnées géographiques et caractéristiques techniques	56
Annexe 4 - Détails des calculs	56
Annexe 5 - Matériel de mesure	57
Annexe 6 - Ambiance sonore dans l'environnement	57



1. Avant-propos

1.1. Opération concernée

La société CNR développe un projet de parc éolien sur la commune de Tincey et Pontrebeau dans le département de la Haute-Saône. Le projet se nomme : [Parc éolien de Tincey et Pontrebeau](#).

Notre bureau d'études a été missionné afin de réaliser le volet acoustique de l'étude d'impact sur l'environnement requise pour ce projet.

1.2. Travaux réalisés

Cette étude s'inscrit dans le cadre des études d'impacts environnementales. Elle doit permettre d'apporter aux décideurs les informations nécessaires à une évaluation des effets potentiels ou avérés sur l'environnement. Un lexique se trouve en annexe 2.

L'objectif de l'étude acoustique consiste à présenter, à partir des mesures sur site et travaux prévisionnels une description de l'état initial, des impacts, de la situation prévisionnelle attendue vis-à-vis de la réglementation applicable.

Ces travaux sont présentés en trois parties distinctes :

Une description de l'environnement sonore initial : Cette description est effectuée via une campagne de mesure de l'état sonore initial pour les zones à émergences¹ réglementées, c'est-à-dire les niveaux sonores existants auprès des habitations alentours.

Les conclusions de cette phase de mesures menée sur site sont résumées au paragraphe 3.7, avec un tableau récapitulatif des hypothèses prises pour évaluer les niveaux sonores existants sur site.

Une description de l'impact sonore du projet : Cette description est effectuée par des modélisations prévisionnelles des émissions sonores du projet.

Les conclusions de cette phase de calculs sont résumées au chapitre 5, avec un tableau récapitulatif des bruits ambiants attendus lors du cumul des bruits résiduels et des émissions sonores des machines et un tableau des émergences estimées au droit des zones à émergences réglementées.

Une évaluation des calculs réglementaires prévisionnels : Cette évaluation se fait via le calcul des critères réglementaires définis par l'arrêté du 26 août 2011, modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021, relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement (Cf. *paragraphe 1.4*).

Les conclusions de cette phase de calculs sont résumées au chapitre 6.

¹ Emergence : la différence entre les niveaux de bruit ambiant (installation en fonctionnement) et résiduel (en l'absence du bruit généré par l'installation).



1.3. Impartialité

Echopsy intervient dans le secteur de l'acoustique environnementale, pour des projets tels que l'éolien mais également des installations ICPE « classiques ».

En fonction des années, le nombre de clients annuel est situé entre 30 et 45, aucun de ces clients ne bénéficie d'une position principale susceptible de mettre en cause le fonctionnement de notre société.

L'actionnariat de la société ne comporte pas d'entreprises ou personnes liées aux projets étudiés. L'entreprise ne perçoit aucune rémunération liée à la réussite du dossier ou bien à son contenu et notamment des conclusions, résultats, bridages ou autres. Les lettres de mission sont définies au préalable et comportent l'objet et les montants correspondants. L'entreprise ne perçoit pas de rémunération en dehors du cadre de ses missions.

1.4. Présentation du site et du projet

Le site se trouve sur la commune de Tincey-et-Pontrebeau (70), dans un secteur agricole.

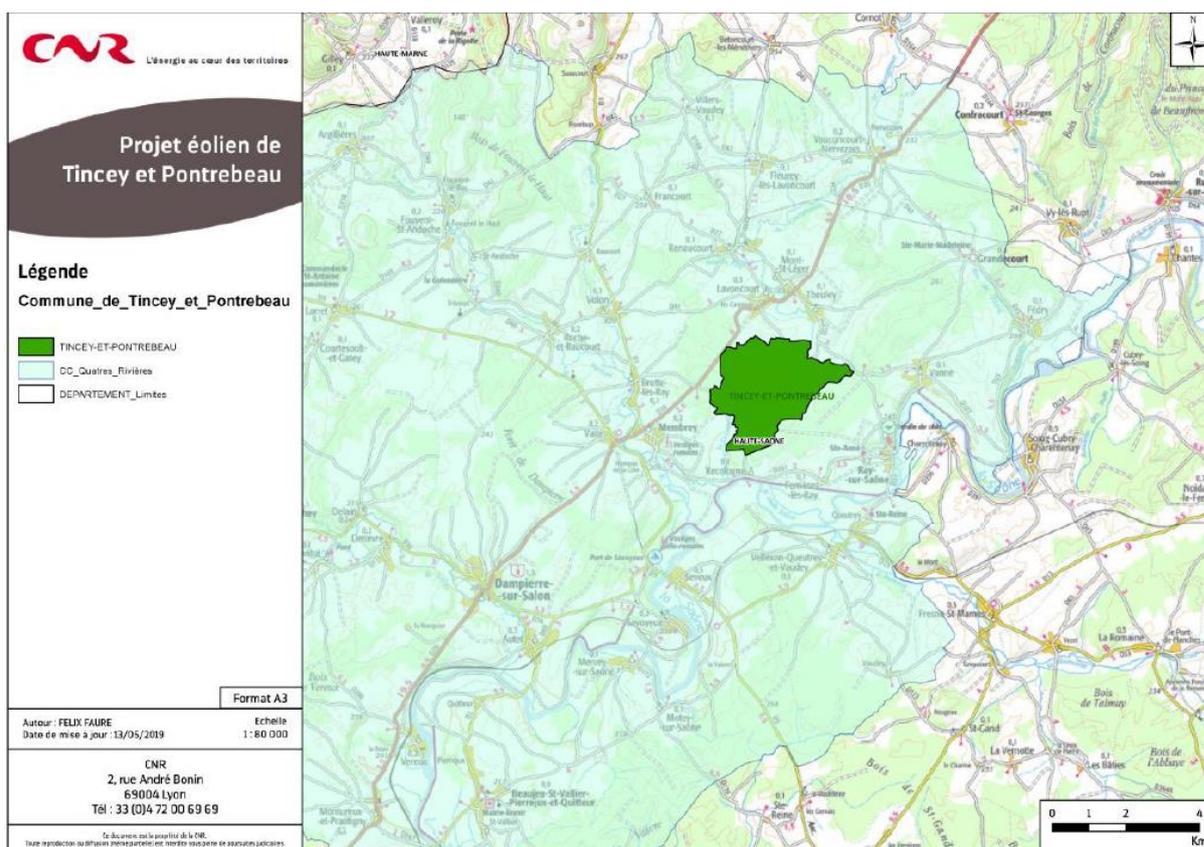


Figure 1 : Secteur d'étude [1 : 80 000]

La distance minimum entre les zones habitées et les éoliennes est fixée à 500 mètres par la réglementation. Dans le cadre de ce projet, la distance minimale entre les éoliennes et l'habitation la plus proche est de 854m.



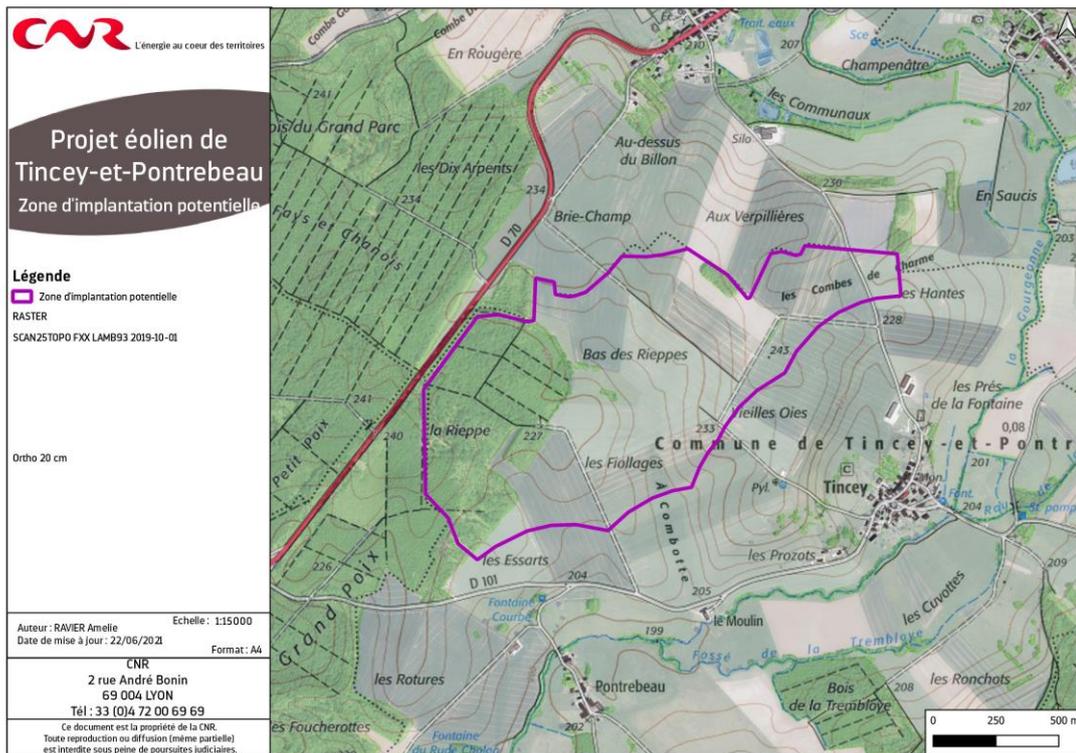


Figure 2 : Zone d'implantation potentielle

Le site reçoit de manière principale des vents de provenance des secteurs sud-ouest (ouest à sud) et, de manière plus secondaire, des vents en provenance du nord-nord-est (nord à est).

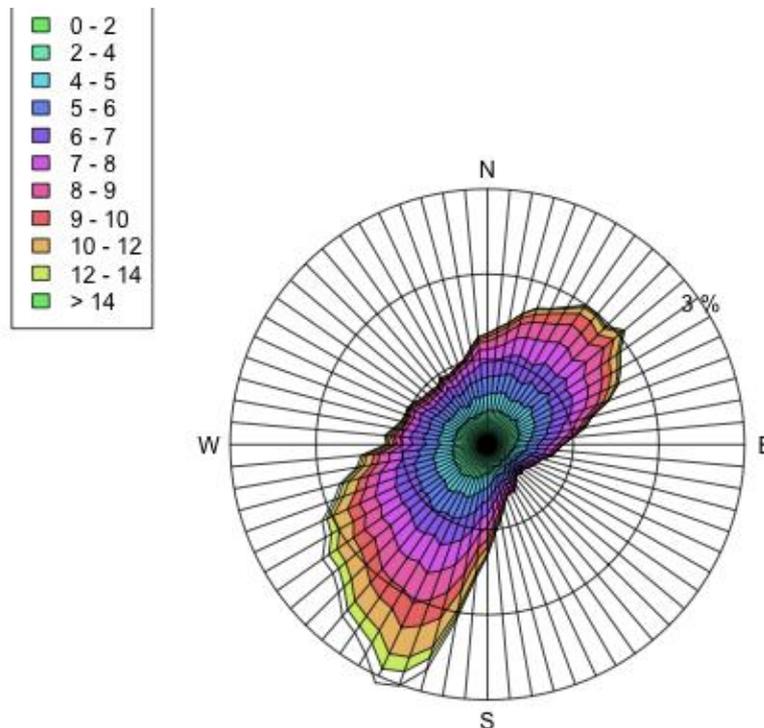


Figure 3 : Rose des vents de long terme estimée à 130 mètres, à partir de mesures anémométriques ponctuelles sur site (mât + Lidar) ; période de 20 ans du 2000-10-31 au 2020-10-31



1.5. Industries et infrastructures de transport

Les industries :

Il n'y a pas d'industrie dans la zone d'étude susceptible de représenter un enjeu pour la situation acoustique.

Les axes routiers :

La Départementale D70 circule au nord et à l'ouest de la zone du projet. Cet axe présente, selon le trafic et les conditions météorologiques, un impact dans la mesure de situation sonore. Il reste cependant modéré à faible en journée et nul la nuit.

Les autres axes sont secondaires et sans impact dans notre étude.

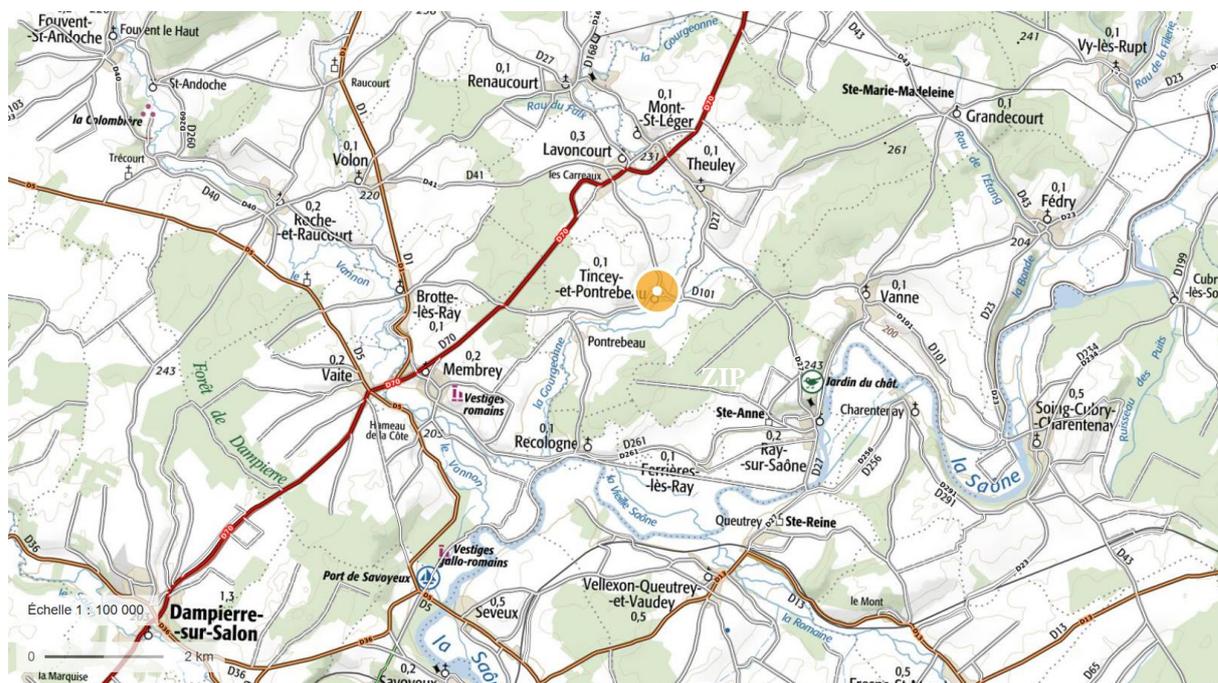


Figure 4 : Infrastructures de transport [1 : 100 000]

1.6. Cadre réglementaire

Les parcs éoliens sont soumis aux arrêtés suivants :

Arrêté du 10 décembre 2021 modifiant 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 déclaration au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement

Arrêté du 22 juin 2020 portant modification des prescriptions relatives 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

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

Conformément à l'annexe relative à l'article R.511-9 du Code de l'environnement, les parcs éoliens comprenant au moins un aérogénérateur dont le mât a une hauteur supérieure à 50 m sont soumis à autorisation au titre de la législation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, sous la rubrique 2980 « Installation terrestre de production d'électricité à partir de l'énergie mécanique du vent et regroupant un ou plusieurs aérogénérateurs ».

Dans le cadre de ce dossier d'évaluation des impacts, les préconisations de la norme en vigueur NFS31-010, ainsi que des indications d'instrumentation et de collecte du vent actuellement présentées dans le projet de norme NFS31-114 et dans le protocole ministériel de contrôle des parcs éoliens (version du 21/10/2021) ont été suivies (Cf. *paragraphe 2.2*). Les seuils réglementaires visés dans le dossier sont ceux fixés par l'arrêté du 26 août 2011 modifié par l'arrêté du 10 décembre 2021 dont voici les extraits concernant l'acoustique :

Zones à Emergence Réglementée (ZER) :

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



Périmètre de mesure du bruit de l'installation :

Périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R défini comme suit : $R = 1,2 \times$ (hauteur de moyeu + longueur d'un demi-rotor)

Section 6 : Bruit**Article 26**

L'installation est construite, équipée et exploitée de façon telle que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits transmis par voie aérienne ou solidienne susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage. Les émissions sonores émises par l'installation ne sont pas à l'origine, dans les zones à émergence réglementée, d'une émergence supérieure aux valeurs admissibles définies dans le tableau suivant :

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

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

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

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

Article 27

Les véhicules de transport, les matériels de manutention et les engins de chantier utilisés à l'intérieur de l'installation sont conformes aux dispositions en vigueur en matière de limitation de leurs émissions sonores. En particulier, les engins de chantier sont conformes à un type homologué. L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (par exemple sirènes, avertisseurs, haut-parleurs), gênant pour le voisinage, est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

Article 28

Art. 28.-I.-L'exploitant fait vérifier la conformité acoustique de l'installation aux dispositions de l'article 26 du présent arrêté. Sauf cas particulier justifié et faisant l'objet d'un accord du préfet, cette vérification est faite dans les 12 mois qui suivent la mise en service



industrielle. Dans le cas d'une dérogation accordée par le préfet, la conformité acoustique de l'installation doit être vérifiée au plus tard dans les 18 mois qui suivent la mise en service industrielle de l'installation.

« II. Les mesures effectuées pour vérifier le respect des dispositions de l'article 26, ainsi que leur traitement, sont conformes au protocole de mesure acoustique des parcs éoliens terrestres reconnu par le ministre chargé des installations classées.

1.7. Contexte éolien

Il n'y a pas de parc en exploitation à proximité de la zone du projet.

Différents projets de parcs éoliens sont en cours sur la zone (cf figure 4). Au jour de la rédaction de la présente étude :

- Les projets de la Voie du Tacot 1, de Vaite-Dampierre et Blessonnier sont refusés,
- Les projets de la Voie du Tacot 2 et de Brotte-lès-Ray sont en cours d'instruction,
- Le projet de Renaucourt est autorisé.

Ces projets n'ont pas de lien avec le pétitionnaire de notre dossier. Afin de ne pas favoriser le développement du projet présenté dans notre dossier, ces projets voisins ne sont pas intégrés dans l'état initial. Ce choix est maximisant pour le futur exploitant, attendu que le report de ces projets voisins s'effectuerait par un cumul dans l'état initial et donc un relèvement des seuils de références utilisés dans l'étude.

Ce choix s'inscrit dans le cadre de discussions de cadrage préalable entre le pétitionnaire et DREAL BFC lors de la réunion du 17 juin 2021.

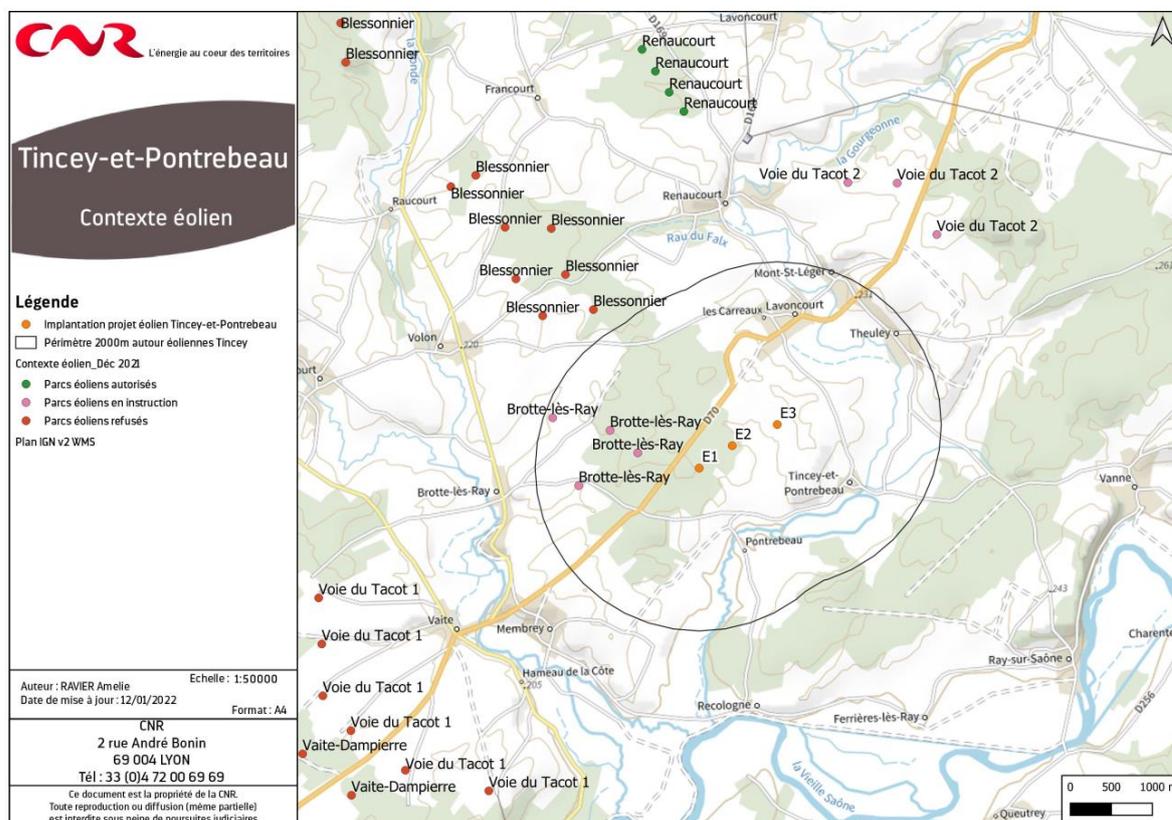


Figure 5 : Contexte éolien [1 : 50 000]

2. Mesures des niveaux sonores sur site

2.1. Généralités concernant les niveaux sonores

La caractéristique sonore principale d'un équipement est sa **puissance acoustique**. C'est l'expression de *l'énergie émise* sous forme de variation de pression traduite dans l'échelle des décibels (dB) utilisée pour exprimer les bruits.

L'illustration suivante fait apparaître les niveaux de puissance acoustique en dB et en Watt (W) ainsi que les équipements correspondant à certains seuils.

COMPARISON DU NIVEAU DE PUISSANCE ACOUSTIQUE ET DE LA PUISSANCE ACOUSTIQUE	
Niveau de puissance acoustique (dB)	Puissance acoustique (W)
	170 — 100,000
Turboéacteur	160 — 10,000
	150 — 1000
	140 — 100
	130 — 10
Compresseur	120 — 1
	110 — 10 ⁻¹
	100 — 10 ⁻²
	90 — 10 ⁻³
Conversation	80 — 10 ⁻⁴
	70 — 10 ⁻⁵
	60 — 10 ⁻⁶
	50 — 10 ⁻⁷
	40 — 10 ⁻⁸
	30 — 10 ⁻⁹
	20 — 10 ⁻¹⁰
	10 — 10 ⁻¹¹
0 — 10 ⁻¹²	

Figure 6 : Comparaison des niveaux en puissance (Source : Cchsst canada)

Cette puissance ne représente pas la sensation perçue par les personnes. C'est la **pression acoustique** qui définit la quantité *d'énergie perçue*. Elle se calcule à partir de la puissance en prenant en compte l'ensemble des facteurs agissant sur sa propagation depuis son émission vers un point de réception.

Parmi ces facteurs, la distance, la topographie, les obstacles, les conditions climatiques sont des éléments très importants et influents sur la propagation du son. Il est donc essentiel de se référer à une pression sonore lorsque l'on veut se rendre compte d'une situation ou en évaluer un aspect réglementaire.

Source de bruit	dB(A)
marteau-burineur pneumatique, à 1 mètre	115
scie circulaire à main, à 1 mètre	115
métier à tisser	103
rotative à journaux	95
tondeuse à gazon motorisée, à 1 mètre	92
camion diesel roulant à 50 km/h, à 20 mètres	85
voiture à voyageurs roulant à 60 km/h, à 20 mètres	65
conversation, à 1 mètre	55
salle de détente	40

Figure 7 : Niveaux et types de bruits



2.2. Textes applicables aux mesures

Le matériel utilisé pour les mesures est de **classe 1**, conformément à la norme IEC 61672. La liste du matériel utilisé se trouve en annexe. Les textes de référence qui s'appliquent aux mesures sont les suivants :

- ✗ Norme NF-S 31.010, décembre 2008 : Relative à la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée.
- ✗ Le protocole ministériel de contrôle des parcs éoliens, version du 22 mars 2022.
- ✗ Projet de norme prNF31-114 : Relatif à la méthode de mesurage et d'analyse des niveaux de bruit dans l'environnement d'un parc éolien.

Le matériel fait l'objet d'un étalonnage au début et à la fin des mesures. Aucune variation ne dépasse 0,5 dB(A) dans des conditions conformes à la mise en œuvre du calibrage. Lors du retrait ou installation dans des conditions non compatibles avec le calibrage (pluies, forts vents, etc...) ce dernier est effectué dès le retour au bureau et dans des conditions de mesures stabilisées. La taille des bonnettes antivent est indiquées dans l'annexe 3.

2.3. Indicateurs et exploitation acoustique

a) Indicateur de bruit

L'indicateur retenu pour l'analyse est normalisé (selon le protocole du 21/10/2021) : il s'agit systématiquement de l'indice **LA50_{10min}**, calculé à partir des niveaux moyens pondérés A : LAeq 1 seconde sur les échantillons analysés.

C'est le niveau moyen équivalent obtenu sur une période de 10 minutes durant laquelle nous écartons 50% des bruits atteints ou dépassés pendant l'intervalle de mesure. Ce choix permet notamment de lisser les écarts éventuels pouvant intervenir entre les saisons ou bien d'atténuer l'effet d'événements ponctuels durant la mesure, il s'applique à chaque échantillon de mesure.

b) Critères d'analyse

Afin d'analyser les mesures, les critères retenus dans le but de constituer des évolutions sonores cohérentes sont les suivants :

- La période de la journée : jour (07h – 22h) ou nuit (22h-07h) ;
- La direction du vent : un ensemble de directions va être constitué lorsque les directions qui le compose (i) comportent suffisamment de données pour être analysées, (ii) présentent une homogénéité de comportement sonore.
- L'absence de pluie ;
- Les dates de la mesure (saison).

La constitution de ces critères est spécifique à chaque point de mesure et à chaque période de mesure.



Ce choix de critères d'analyse est pris *a priori* avant la réalisation des mesures. Il est ensuite validé *a posteriori* dans les exploitations des nuages de points présentés pour chaque point de mesure.

Tout critère variant de cette liste et présentant un caractère spécifique au point de mesure est présenté lors du développement des analyses.

c) Exploitation acoustique

Les niveaux sonores dans l'environnement, qu'ils soient naturels ou liés à des activités humaines, varient en permanence. Le vent (par sa vitesse et sa direction), la température, l'humidité et la période de la journée sont, entre autres, des paramètres influents sur la portée et la création des bruits, donc sur les niveaux sonores mesurés en extérieur.

Les situations mesurées sont analysées en exprimant les échantillons de mesure en fonction des vitesses de vent rencontrées. Ces nuages de points traduisent la variabilité de l'environnement sonore en fonction de plusieurs paramètres définissant un ensemble de conditions homogènes appelées « situations types ». L'exploitation du nuage de points se fait via :

- Un tri effectué sur les mesures pour retirer les périodes non recherchées pour l'analyse (pluie, conditions bruyantes spécifiques, ...)
- Le calcul de la valeur médiane des échantillons LA50 pour chaque vitesse de vent (classe centrée sur la valeur unitaire entre 3 et 10 m/s)

Exemple graphique :

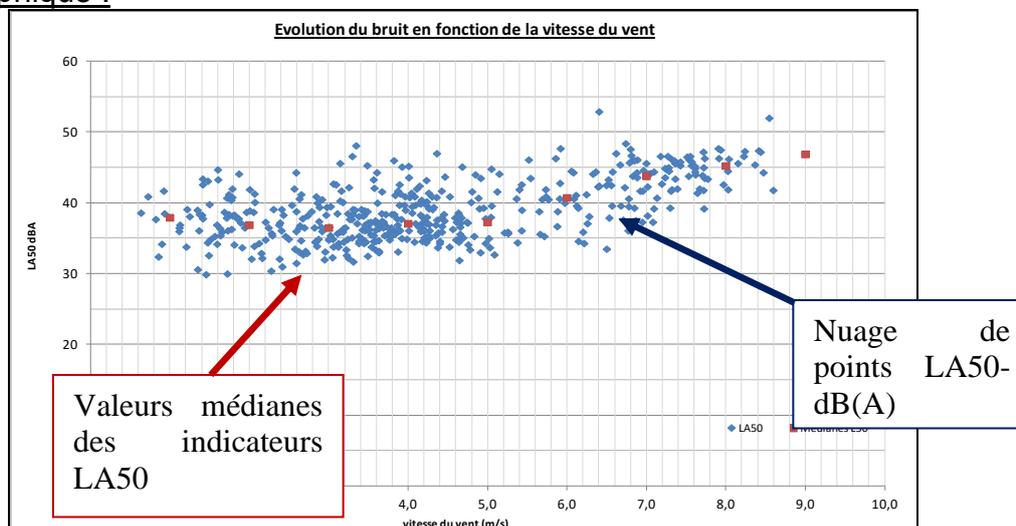


Figure 8 : Nuage de points de mesure et valeurs médianes LA50 entre 1 et 9 m/s)

Cette répartition sous forme de nuage de points fait l'objet d'une étude particulière. Celle-ci a pour but d'établir si la répartition de l'évolution sonore apparaît cohérente avec l'évolution des conditions météorologiques autour du point de mesure.

Pour l'analyse des données, certaines périodes horaires peuvent être retirées si elles sont sources de perturbations. Par exemple, le chorus avifaune matinal ou des horaires spécifiques présentant un trafic routier non représentatif de la situation générale sont supprimés pour l'analyse.



De la même manière, les faibles vitesses de vents sont liées à de faibles niveaux sonores. Ces niveaux sont très vite influencés par des bruits perturbateurs et nuisent parfois à l'analyse.

Pour ces mêmes vitesses, des comportements de propagations différents entrent en jeu en présence de vent et en absence de vent. En absence de vent, certains types de bruits se propagent plus qu'en présence du vent (bruit routier, bruits d'équipements au sol). Dans les nuages de points qui sont présentés plus loin, cela se traduit parfois par des niveaux en basses vitesses un peu plus élevés que sur les vitesses suivantes, puis par une élévation dans les vitesses suivantes liée à l'interaction du vent avec l'environnement autour de la zone de mesure.

Lorsque cela est nécessaire, les données sont retirées en coupant les classes de vitesse de vent trop polluées pendant les mesures. Des actions peuvent être menées afin de « compenser » des aléas liés à la mesure, ou bien « d'extrapoler » des conditions non rencontrées lors des mesures. Dans ce cas, les indicateurs sont dits « corrigés » et sont indiqués **en vert**.

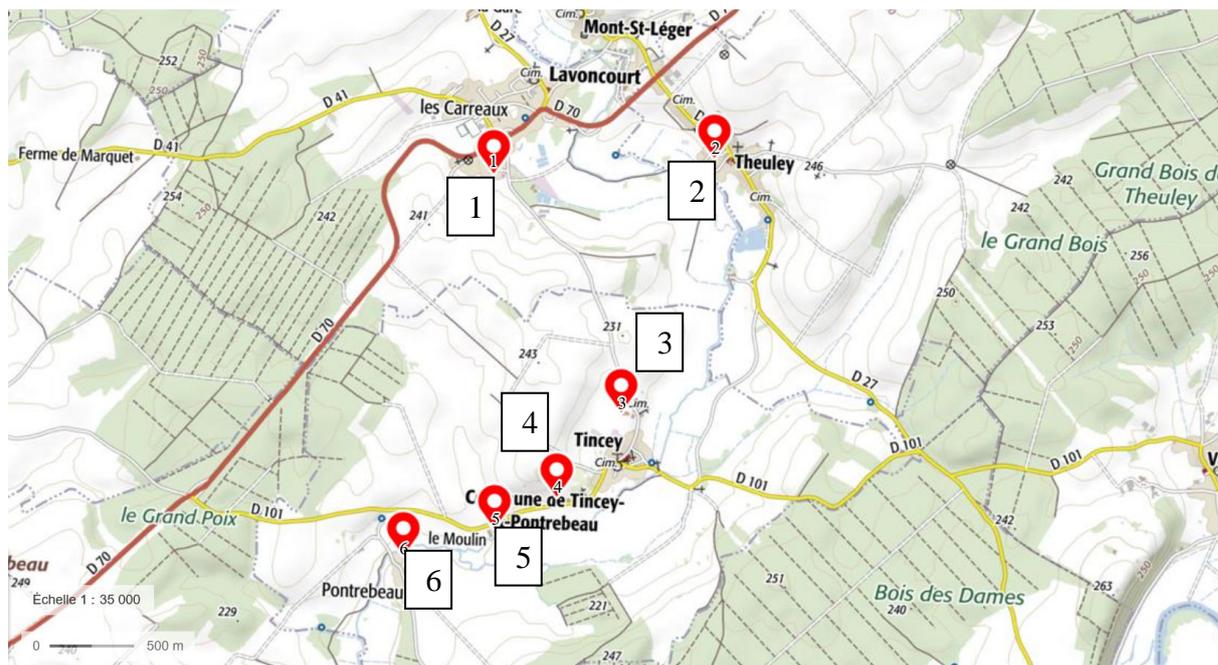
2.4. Stratégie de mesure

Les points de mesure du bruit résiduel ont été choisis parmi les ZER, en fonction de leur exposition sonore vis-à-vis des éoliennes, des orientations de vent principal et de la topographie de la végétation notamment. Ils sont représentatifs de l'environnement sonore de la zone du projet et ses environs et permettent une extrapolation de leur bruit résiduel vers des points ayant une ambiance sonore comparable et n'ayant pas fait l'objet de mesures.

Compte tenu de la disposition des bourgs autour de la zone d'étude, des points de mesure auprès de chacun des bourgs et hameaux entourant la zone d'étude ont été retenus.

Les positions des points de mesure proposés entourent la zone d'étude de manière à évaluer la situation initiale dans toutes les directions de vent. Les points de mesure sont au nombre de 6. Ils sont entourés par des zones agricoles. Les points de mesures ont été choisis en fonction de la proximité des habitations au projet, de la topographie du site et de la végétation, de façon à représenter tous les environnements acoustiques autour du projet. Enfin, il est nécessaire d'avoir l'accord des riverains pour l'installation du matériel de mesure.





N°	Dénomination	Position	Coordonnées en Lambert 93	
1	Lavoncourt	LAVONCOURT	908935.48	6728265.57
2	Theuley	THEULEY	910245.68	6728406.29
3	Rue des Pierres Blanches	TINCEY et PONTREBEAU	909743.70	6726859.49
4	Grande Rue	TINCEY et PONTREBEAU	909379.57	6726340.89
5	Le Moulin	TINCEY et PONTREBEAU	909014.78	6726142.12
6	Pontrebeau	TINCEY et PONTREBEAU	908477.10	6725958.13

Figure 9 : Positions et coordonnées des points de mesure [1 : 35 000]

2.5. Données météorologiques mesurées sur le site

Les vitesses et directions de vent ont été mesurées sur site à différentes hauteurs avec un LiDAR². Il mesure sur un panel de hauteur de 40 mètres à 200 mètres les caractéristiques du vent et de l'atmosphère.

La hauteur de nacelle pour les analyses acoustiques est considérée proche de **130 mètres**. Un coefficient Alpha est calculé avec les vitesses de vent mesurées à 120 mètres et 140 mètres.

La campagne de mesure a été réalisée du **11 février au 17 mars 2021**, en saison hivernale. Cette saison présente des bruits résiduels plus faibles, donc potentiellement des émergences calculées plus élevées lors de l'étude d'impact : la campagne est réalisée dans les conditions les plus favorables aux riverains.

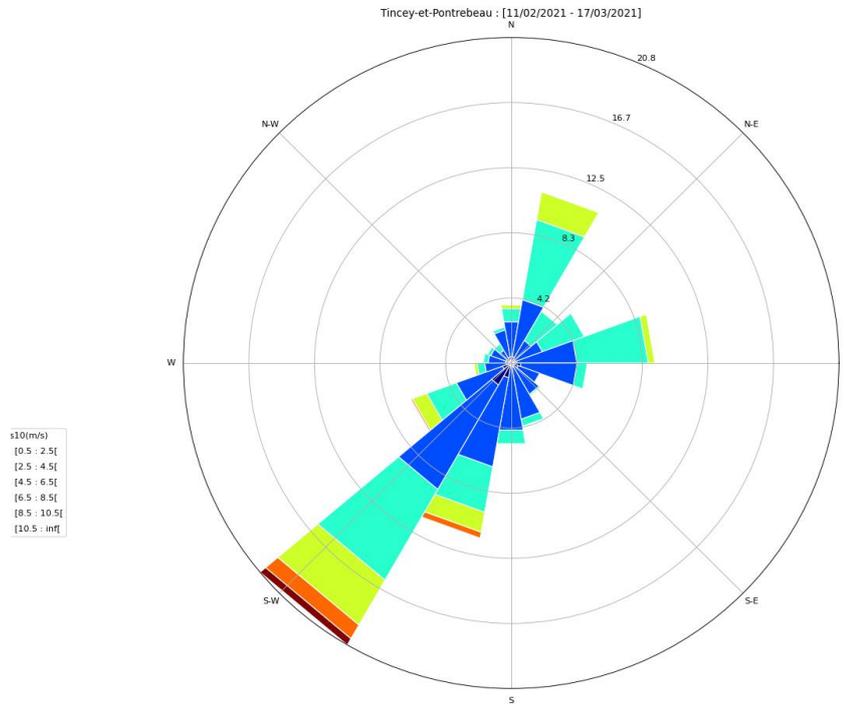
Les périodes de pluies ont été identifiées par un pluviomètre accompagnant le point 3, elles ont été retirées de l'analyse. Elles ont représenté moins de 3% de la mesure.

Durant cette campagne, les vents ont été répartis dans une large gamme de directions et de vitesses. Les conditions météorologiques relevées au cours de la période de mesures

² LiDAR : Light Detection And Ranging. Mesure laser des conditions météo en altitude à partir du sol.



sont représentatives des conditions habituellement observées dans la région (voir Figure 9).



N°	Dénomination	Position	Coordonnées en Lambert 93	
1	Lidar	Tincey-et-Pontrebeau	909211	6727182

Figure 10 : Rose des vents horaire observée pendant la campagne acoustique à 130m

Il a été possible, à partir des mesures, d'analyser deux secteurs de vents :

- Un secteur principal de 157,5° à 292,5° (SSE à WNW en passant par Sud) ;
- Un secteur secondaire de 337,5° à 112,5° (NNW à ESE en passant par Nord).



3. Résultats des mesures de bruits résiduels

3.1. Point 1 : Lavoncourt

Présentation de la mesure

La mesure a été effectuée à proximité auprès d'une zone pavillonnaire située à l'entrée de la commune de Lavoncourt. Le point de mesure est placé dans un espace en pelouse à proximité de l'habitation.

Un équipement non identifié chez le riverain voisin, a fonctionné lors d'une partie de la mesure. Ce dernier a un impact sur nos mesures de nuit, principalement en vent Nord-Est. De ce fait, une correction a été effectuée sur le nuage de point de nuit en direction de vent Nord-Est à partir d'échantillons non pollués.



Figure 11 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 1



Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore. La zone est plane.

Végétation :

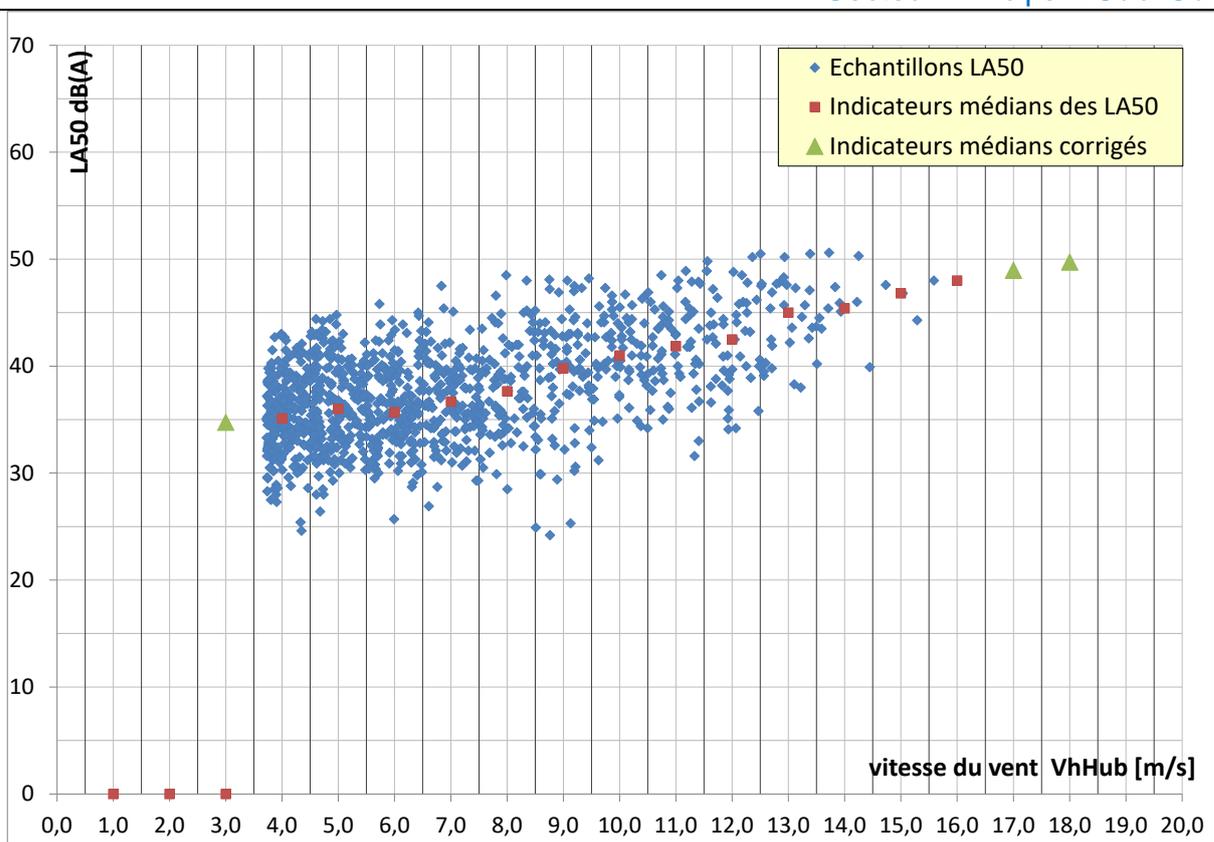
La végétation à proximité immédiate du point de mesure est faible. Quelques grands arbres sont présents à plus d'une cinquantaine de mètres du point de mesure, mais pas dans la direction du projet.

Composition du bruit résiduel :

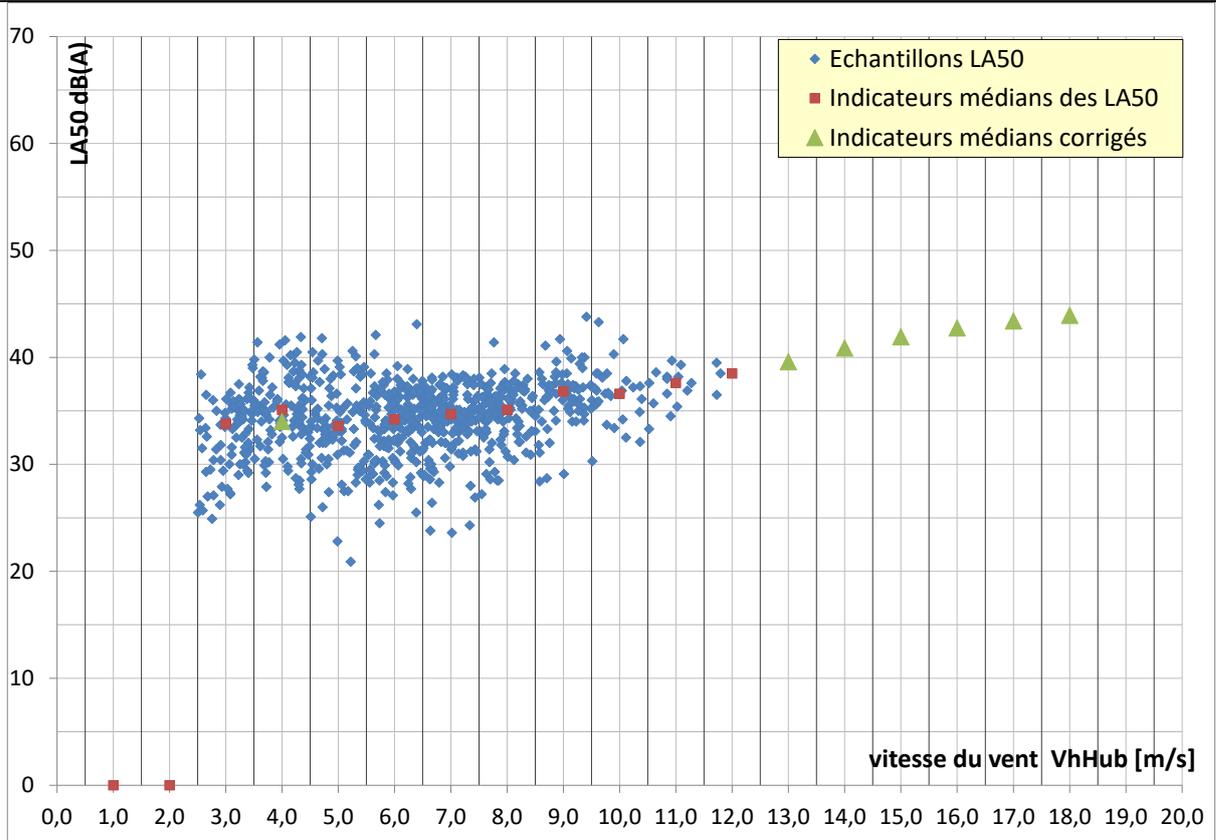
- × Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- × Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation ;
- × Bruit d'un équipement en fonctionnement en provenance de la maison voisine.

Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : **Sud-Ouest**

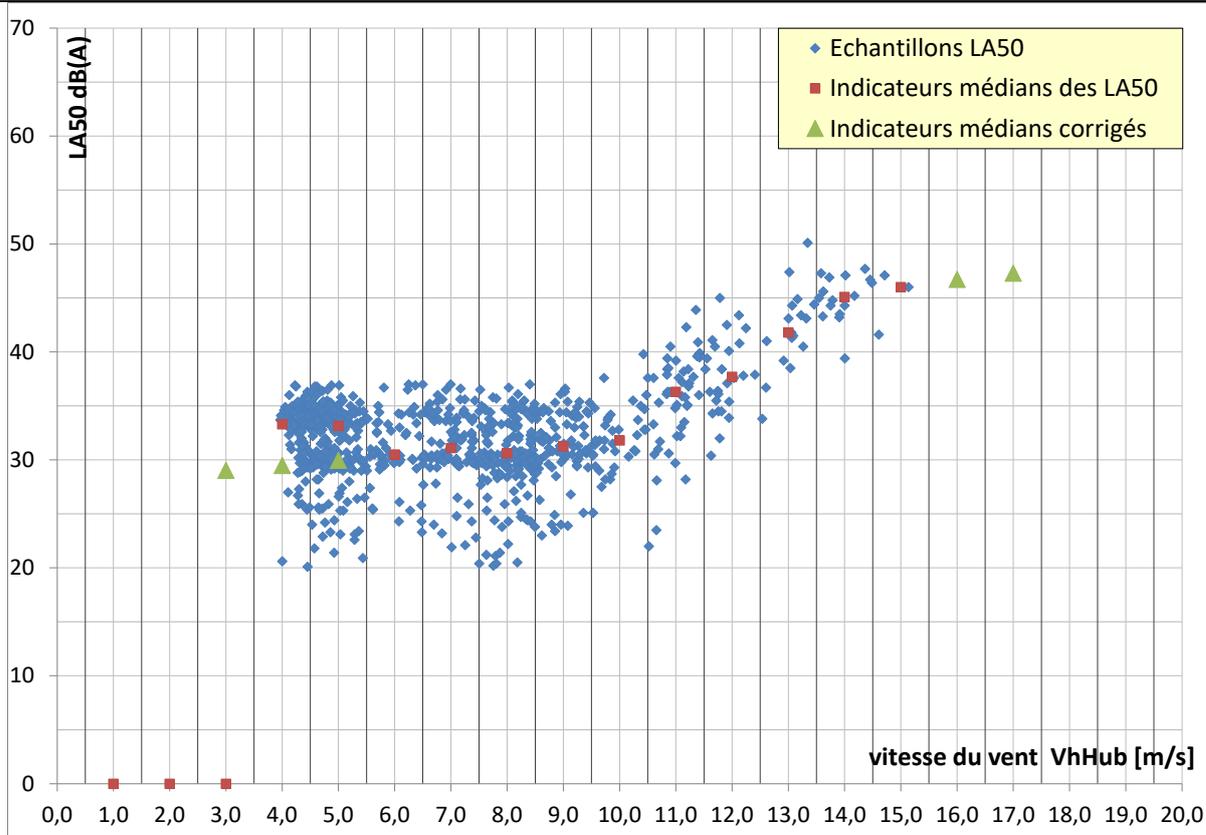


Secteur Secondaire : Nord-Est

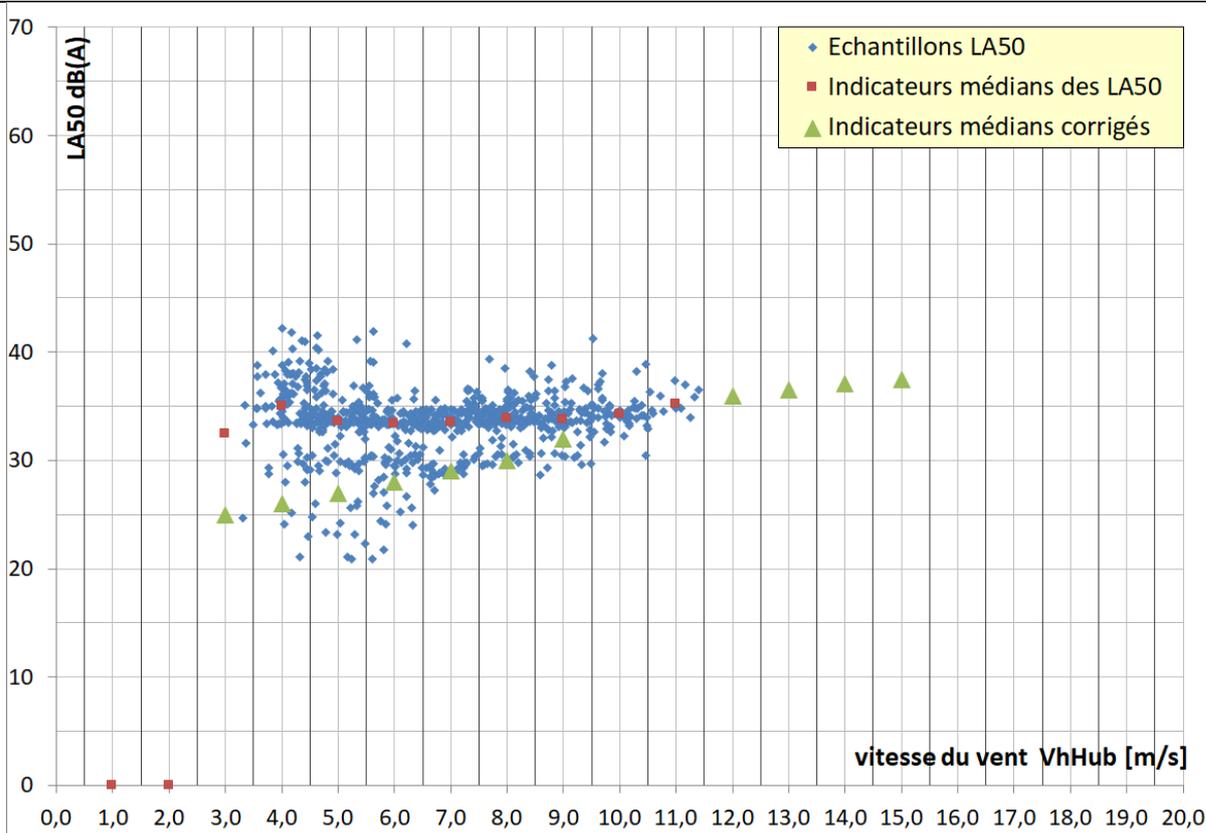


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.2. Point 2 : Theuley

Présentation de la mesure

Il s'agit d'une habitation située au nord-est de la zone d'étude. Le microphone est placé dans le jardin, donnant sur le projet.



Figure 12 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 2

Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore.

Végétation :

La végétation à proximité immédiate du point de mesure est moyenne. Arbres et arbustes sont présents autour de l'appareil.

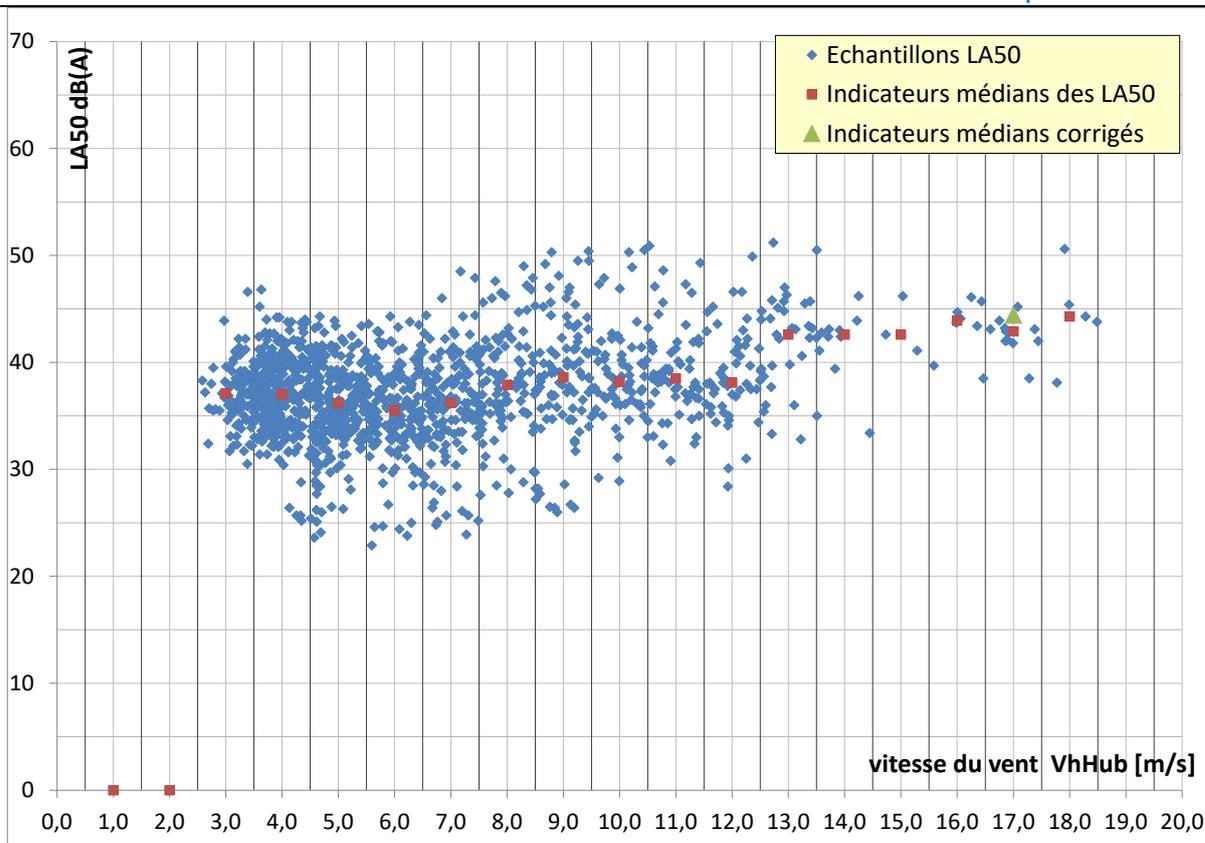
Composition du bruit résiduel :

- × Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- × Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation.

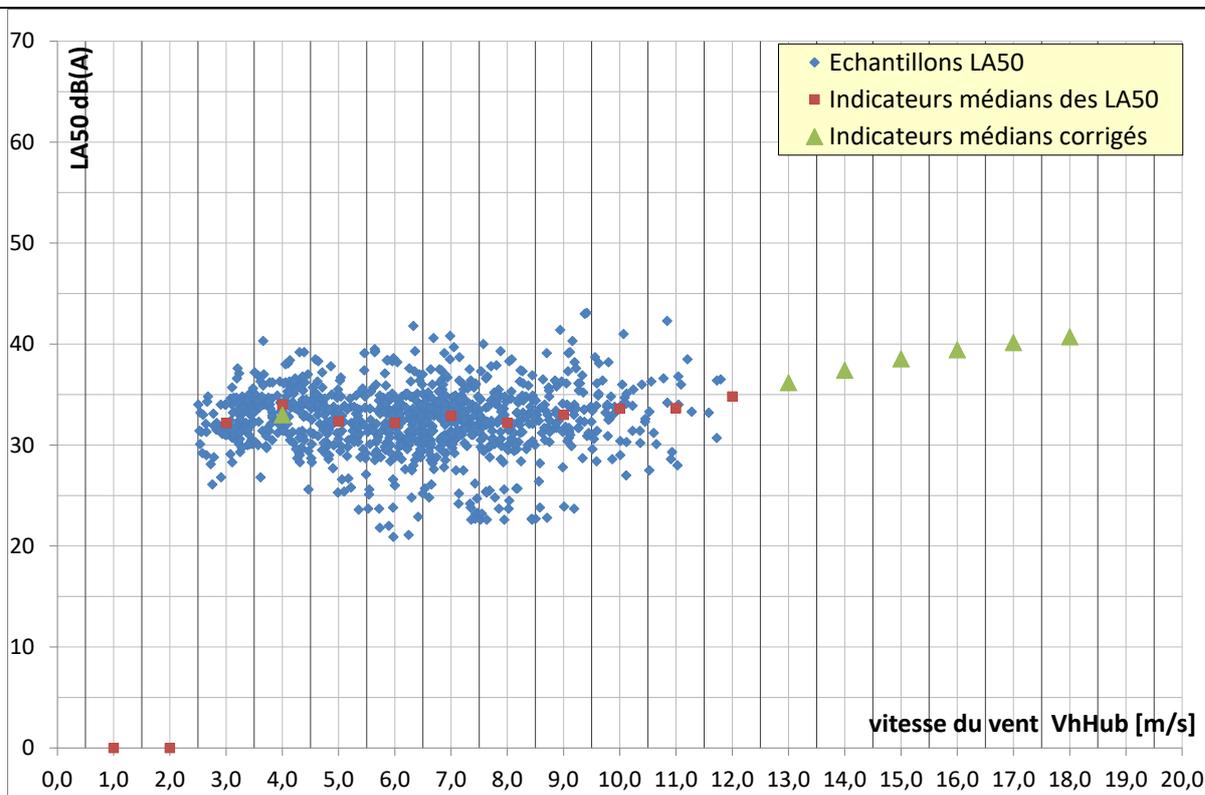


Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : Sud-Ouest

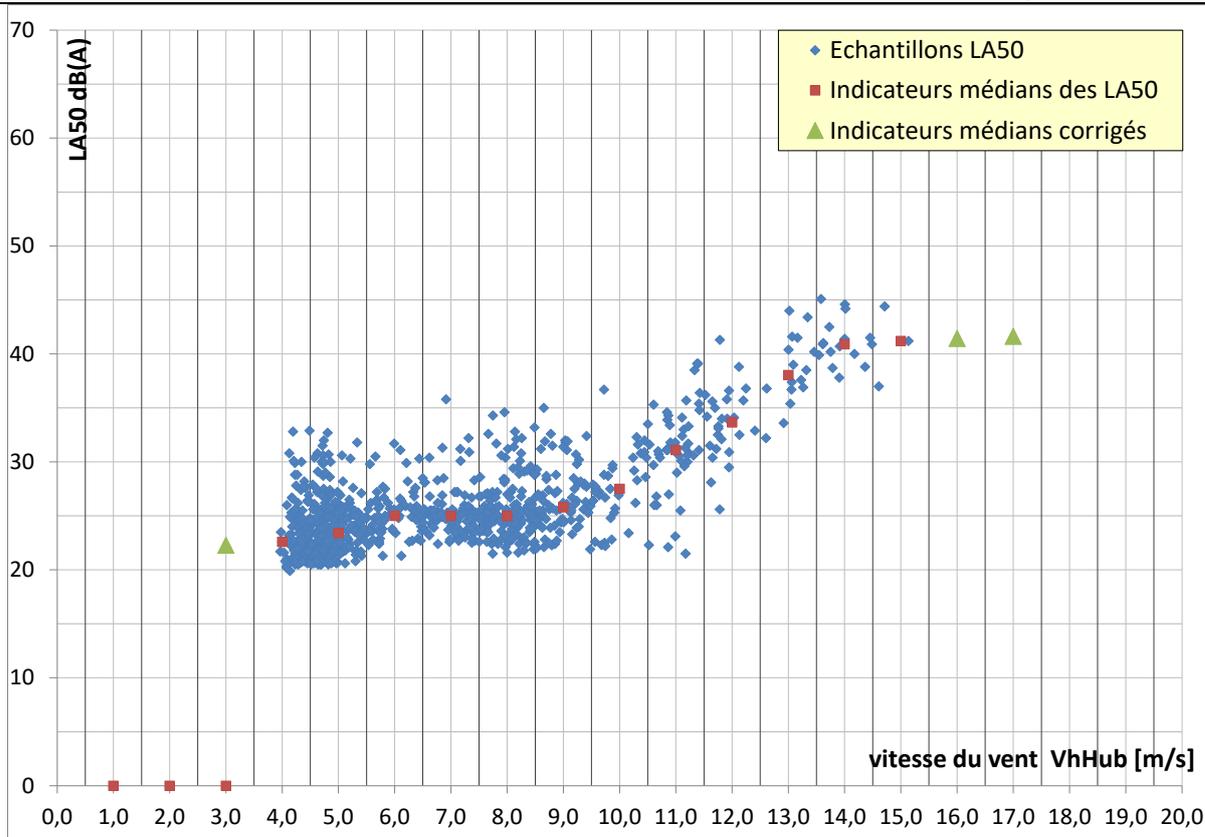


Secteur Secondaire : Nord-Est

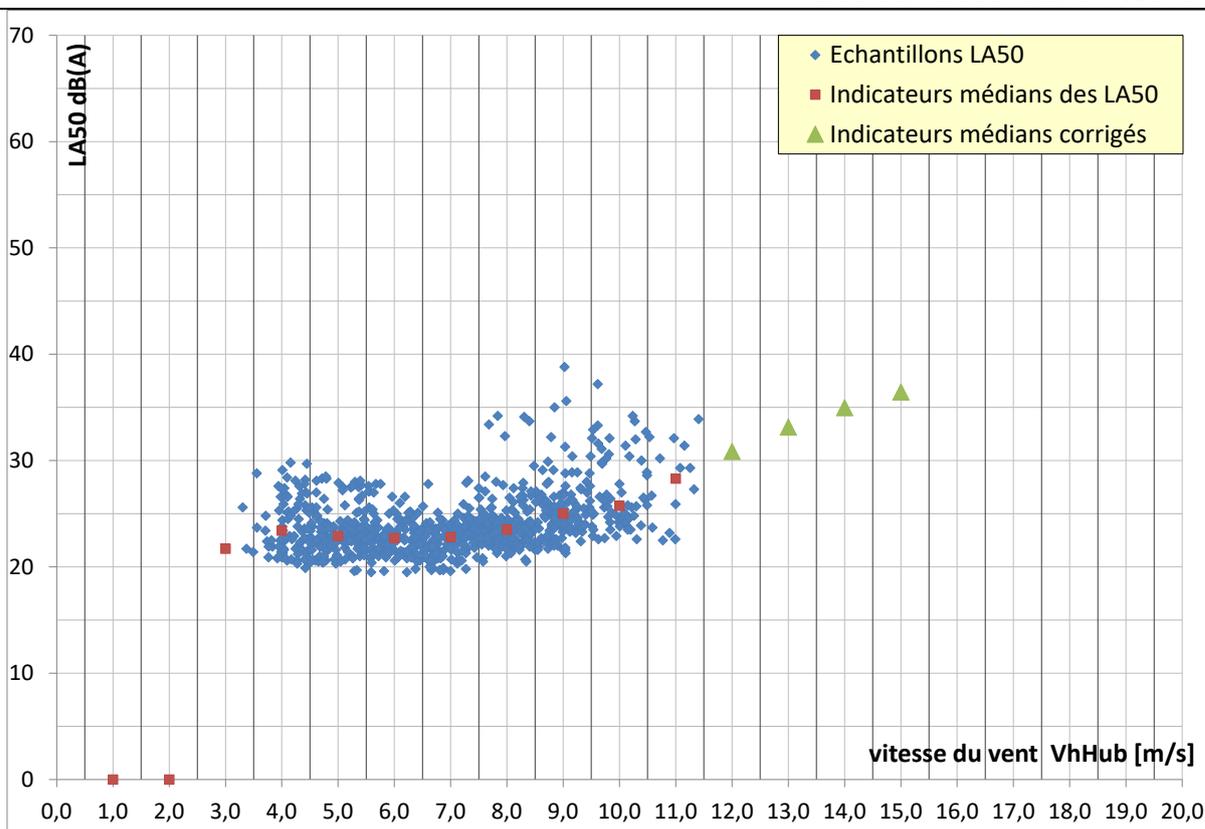


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.3. Point 3 : Rue des Pierres Blanches

Présentation de la mesure

Il s'agit d'une habitation située sur une exploitation, à la sortie du bourg de Tincey, à l'est de la zone d'étude. La mesure est placée dans un espace en pelouse, à l'écart des bâtiments, en direction du projet.



Figure 13 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 3

Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore.

Végétation :

La végétation à proximité immédiate du point de mesure est moyenne. De grands arbres sont présents au sud de l'équipement.

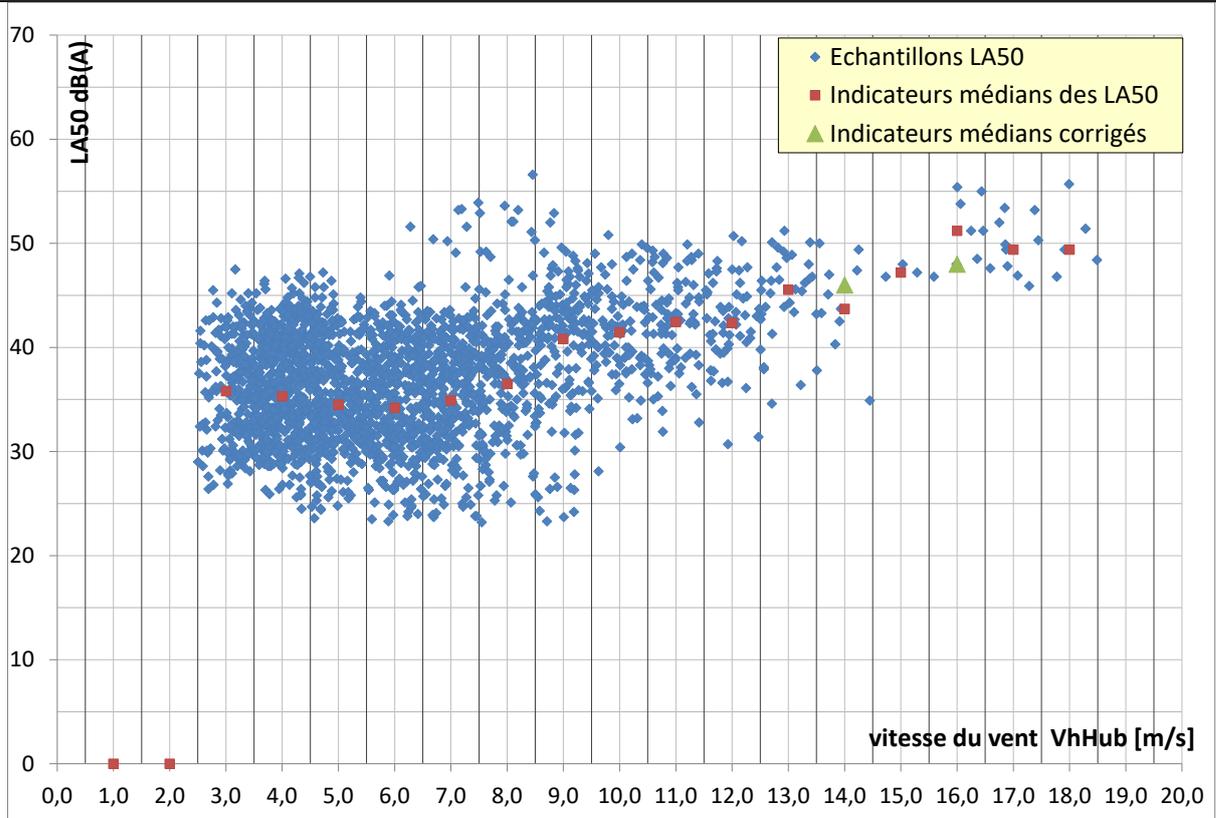
Composition du bruit résiduel :

- × Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- × Des bruits routiers provenant de la proximité de la route ;
- × Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation.

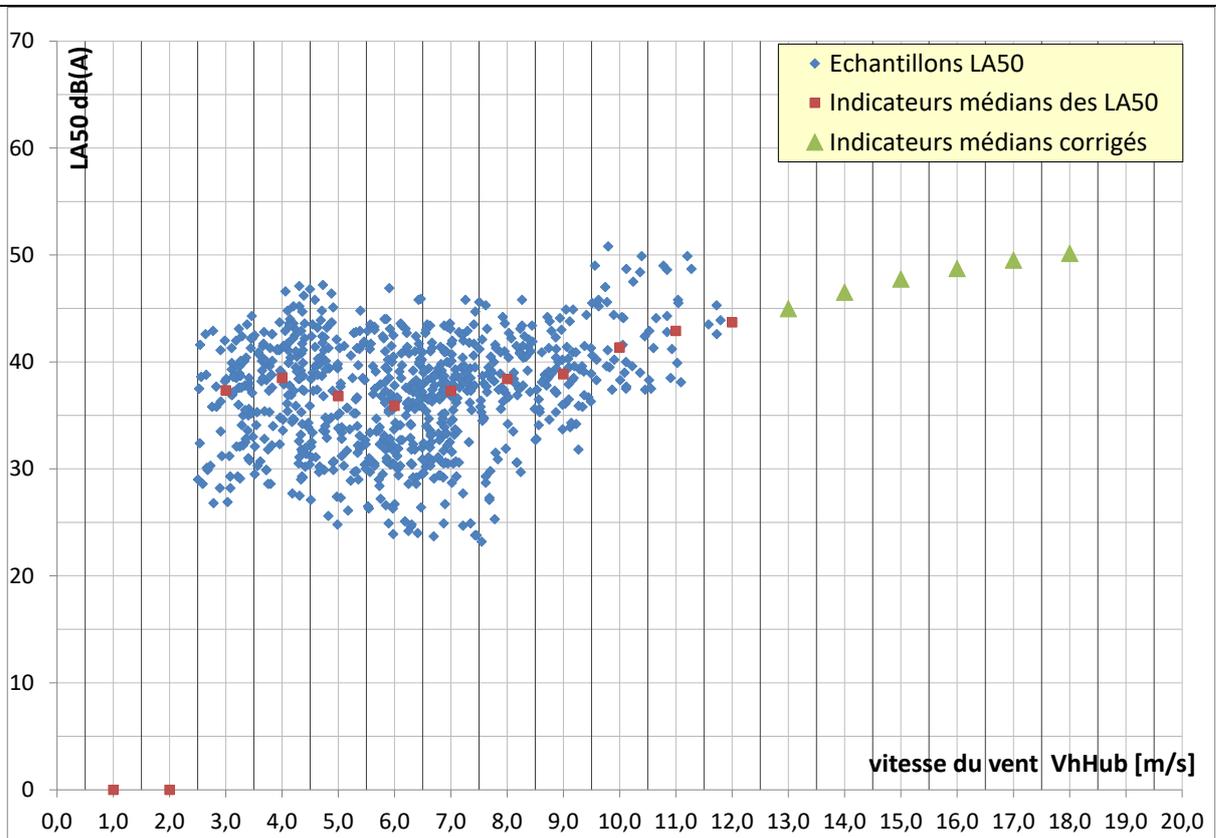


Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : **Sud-Ouest**

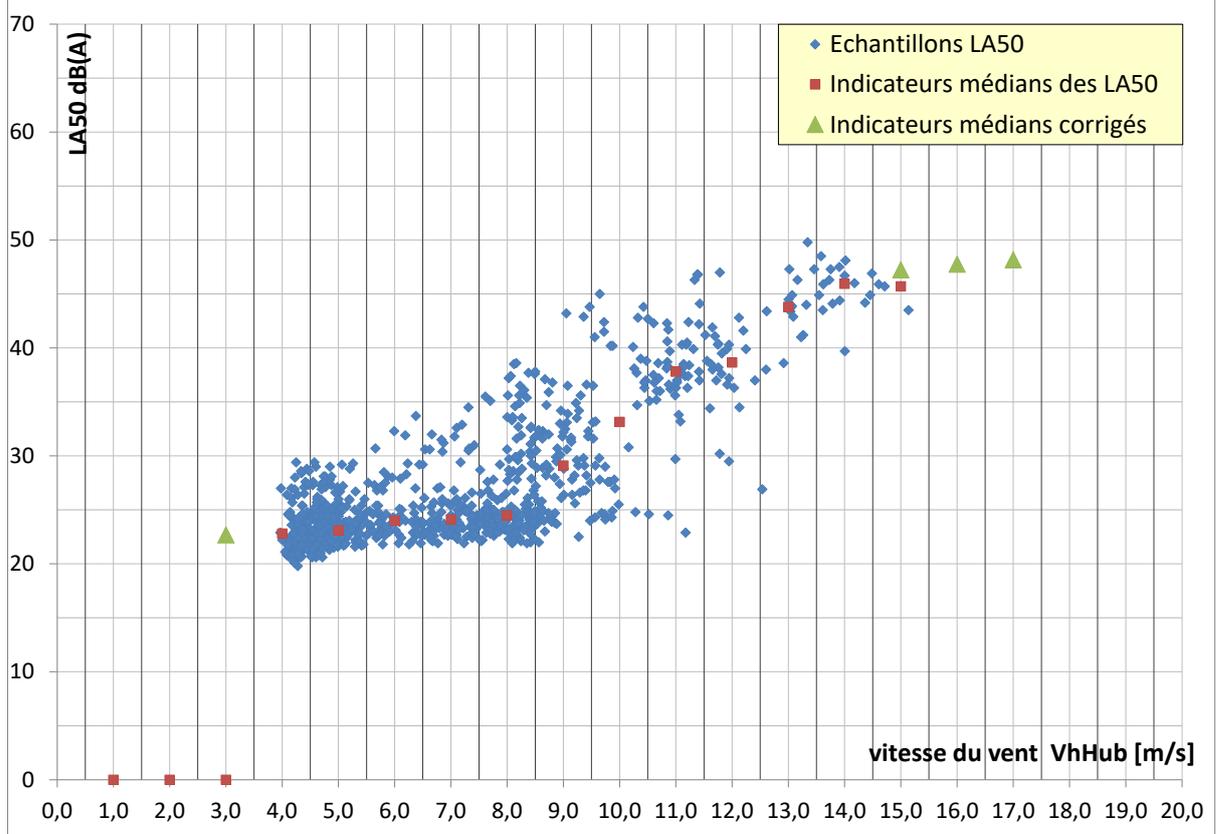


Secteur Secondaire : **Nord-Est**

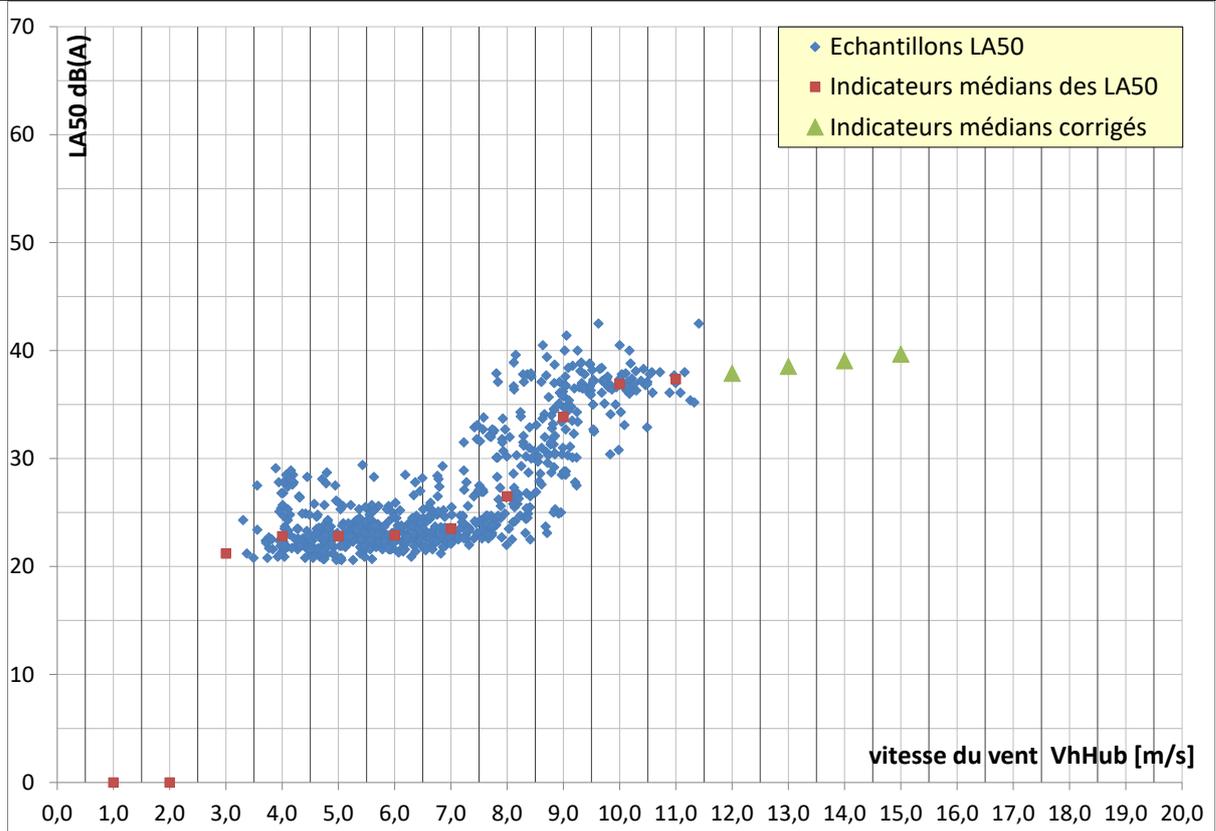


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.4. Point 4 : Grande Rue

Présentation de la mesure

La mesure a été effectuée à proximité d'une maison qui se situe au sud-est de la zone d'étude. Le point de mesure est placé dans le jardin au nord de l'habitation.



Figure 14 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 4

Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore.

Végétation :

La végétation à proximité immédiate du point de mesure est faible. Les arbres à l'Est se situent à plus d'une cinquantaine mètres de l'équipement et influencent peu la mesure.

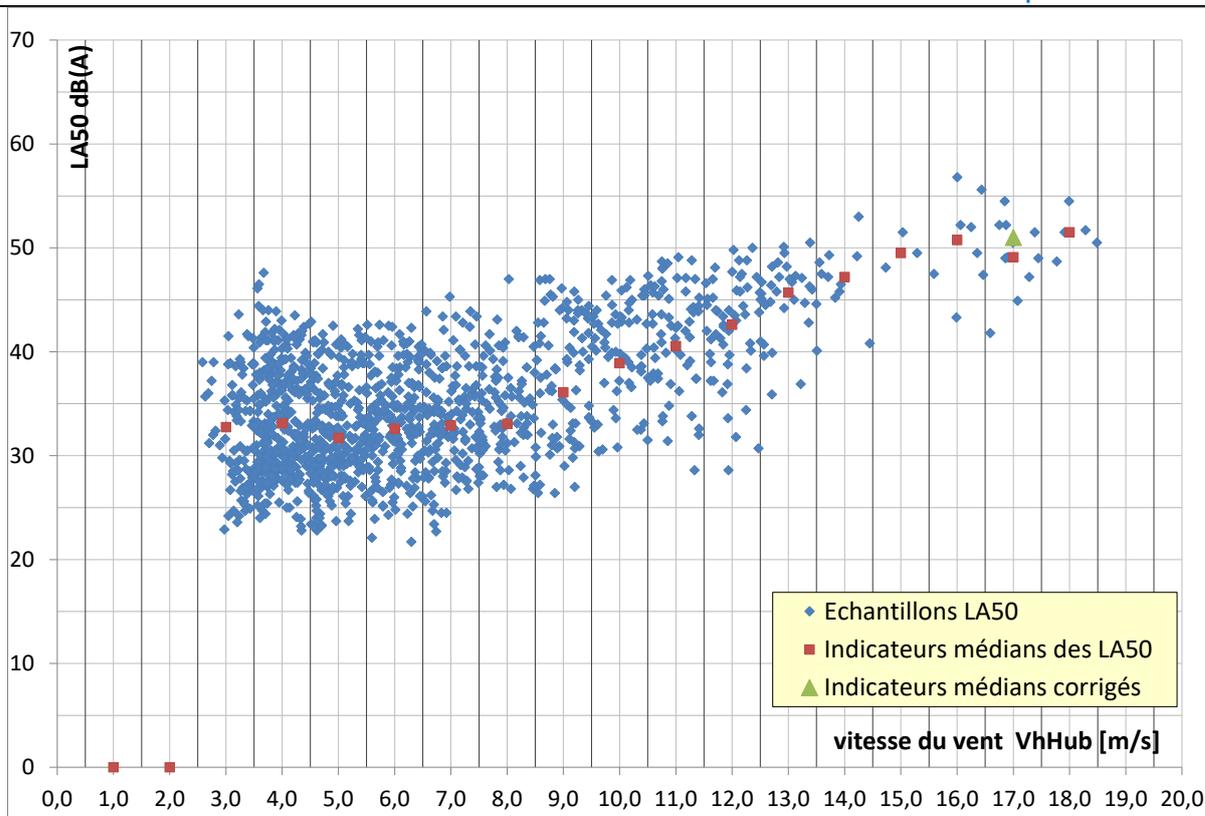
Composition du bruit résiduel :

- ✗ Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- ✗ Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation.

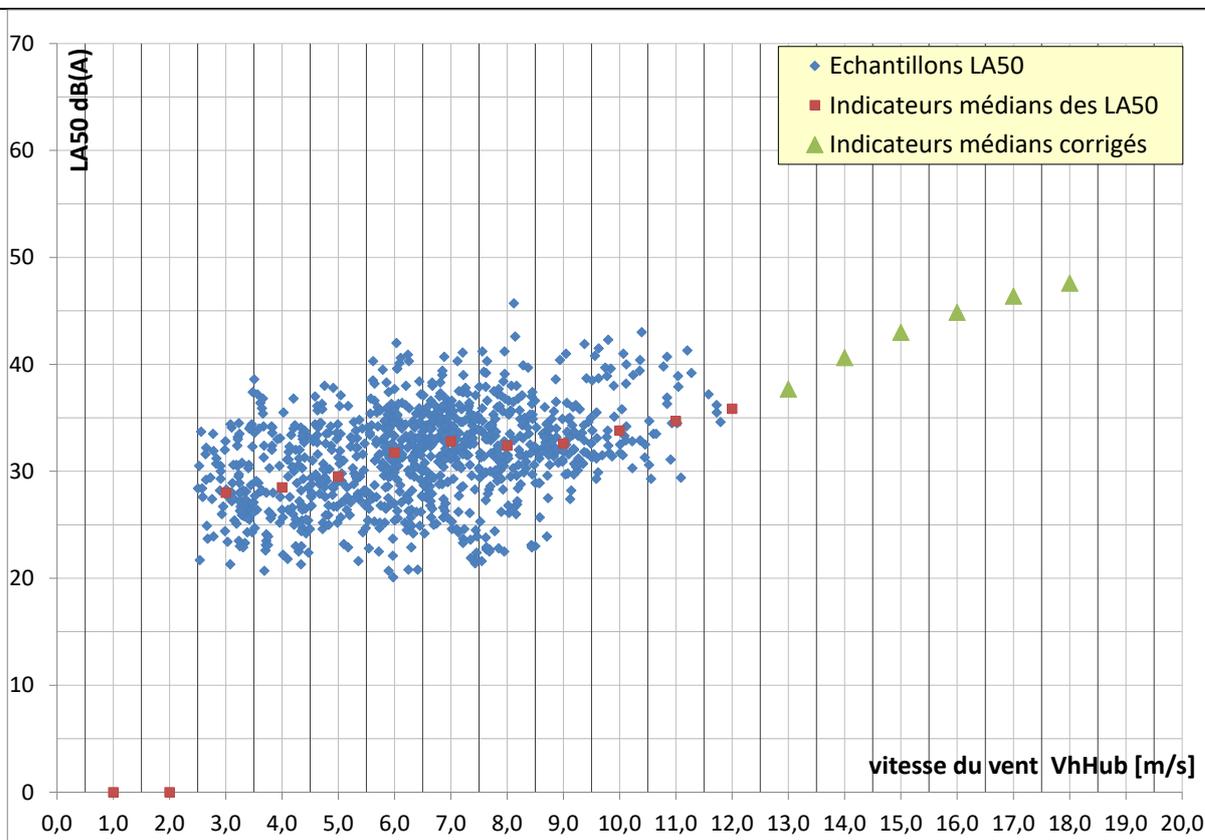


Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : Sud-Ouest

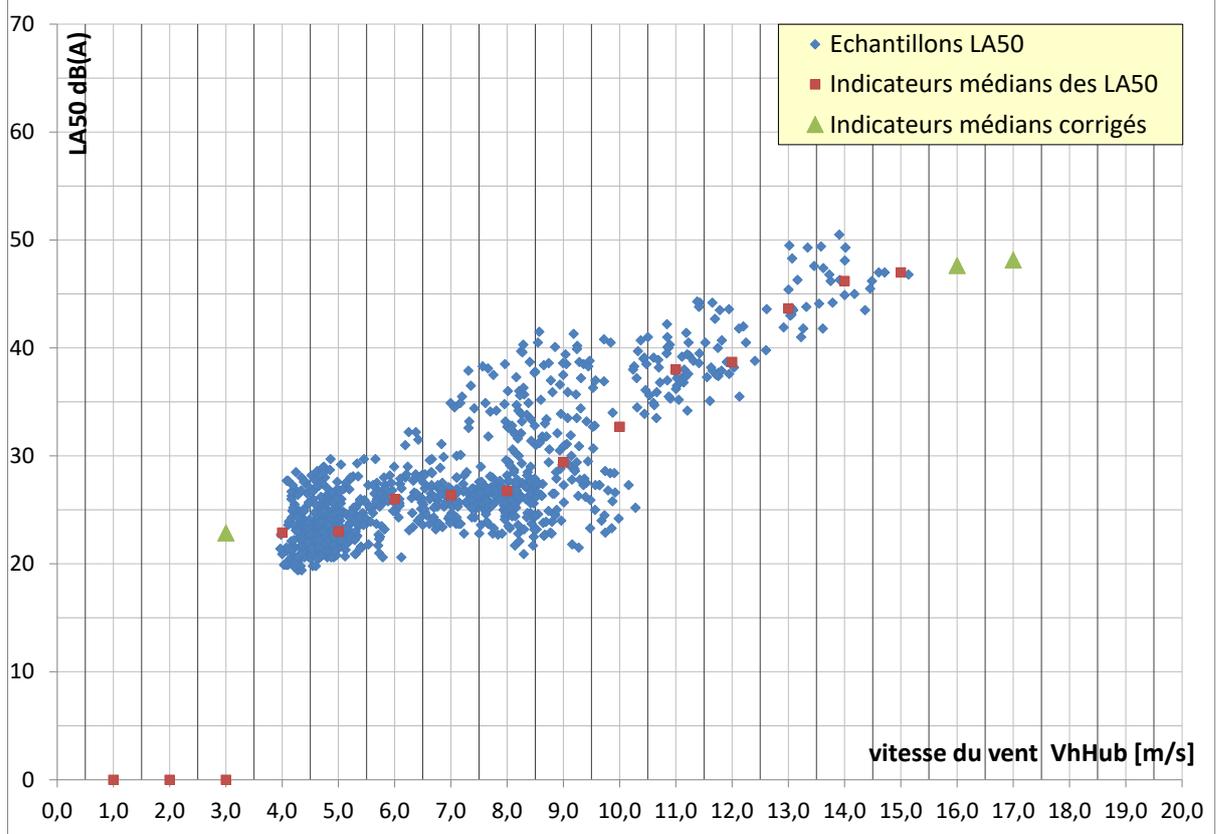


Secteur Secondaire : Nord-Est

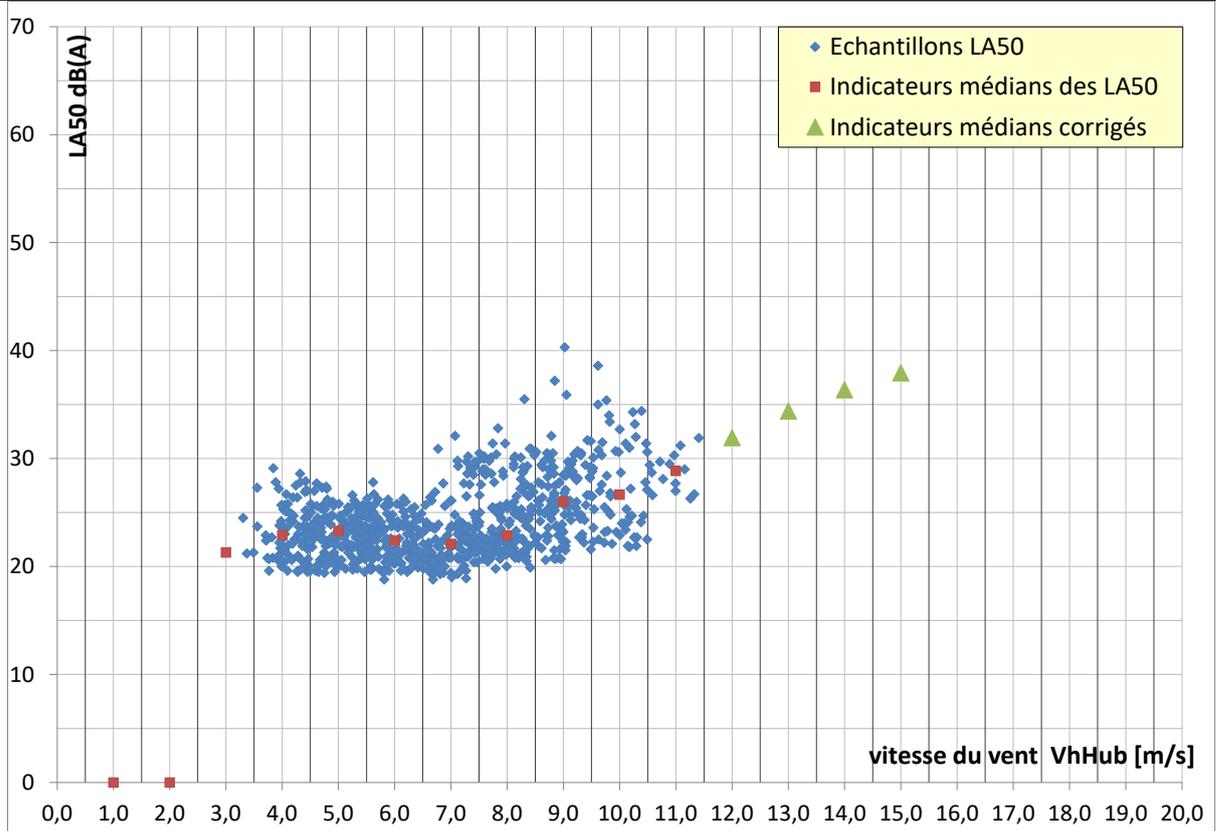


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.5. Point 5 : Le Moulin

Présentation de la mesure

La mesure se situe au sud-est de la zone d'étude. Le microphone est placé dans un espace en pelouse, donnant sur la zone du projet.



Figure 15 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 5

Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore.

Végétation :

La végétation à proximité immédiate du point de mesure est moyenne. De grands arbres sont présents à une dizaine de mètres au nord et à l'est de l'équipement.

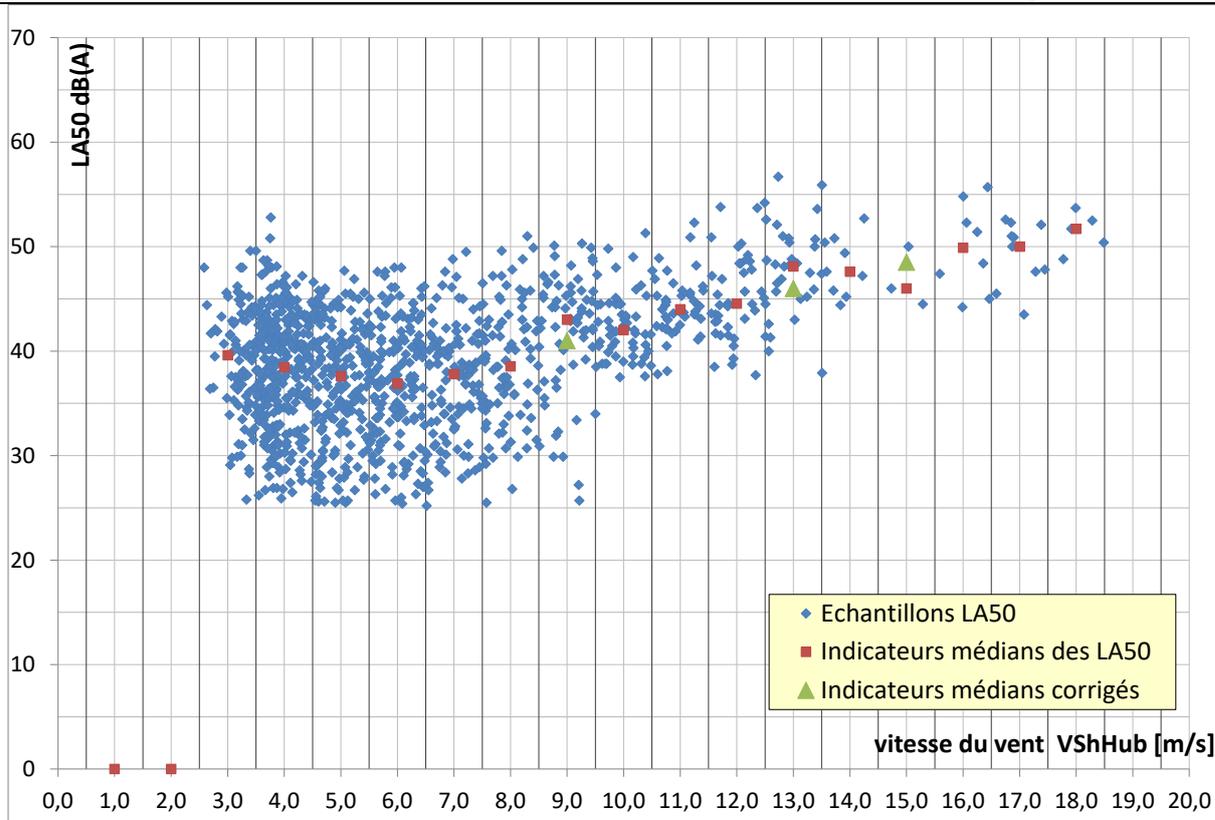
Composition du bruit résiduel :

- × Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- × Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation.

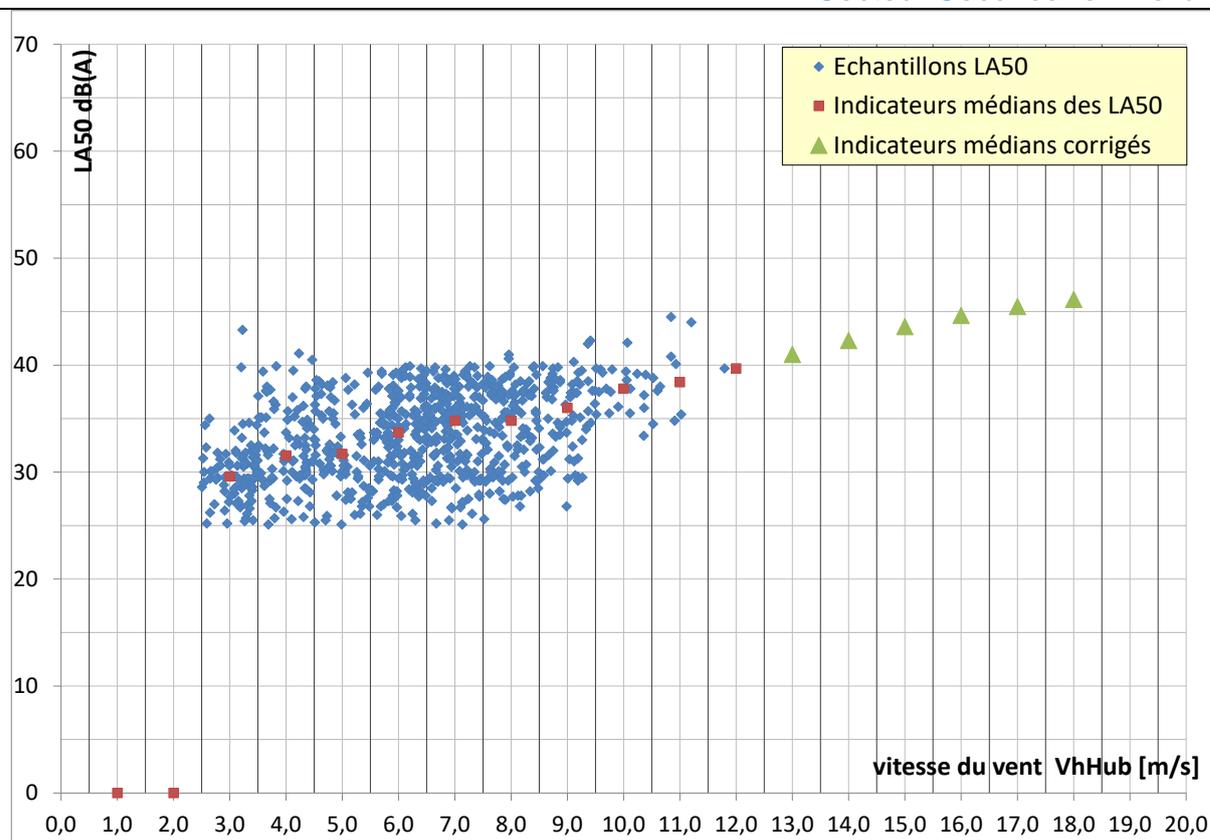


Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : Sud-Ouest

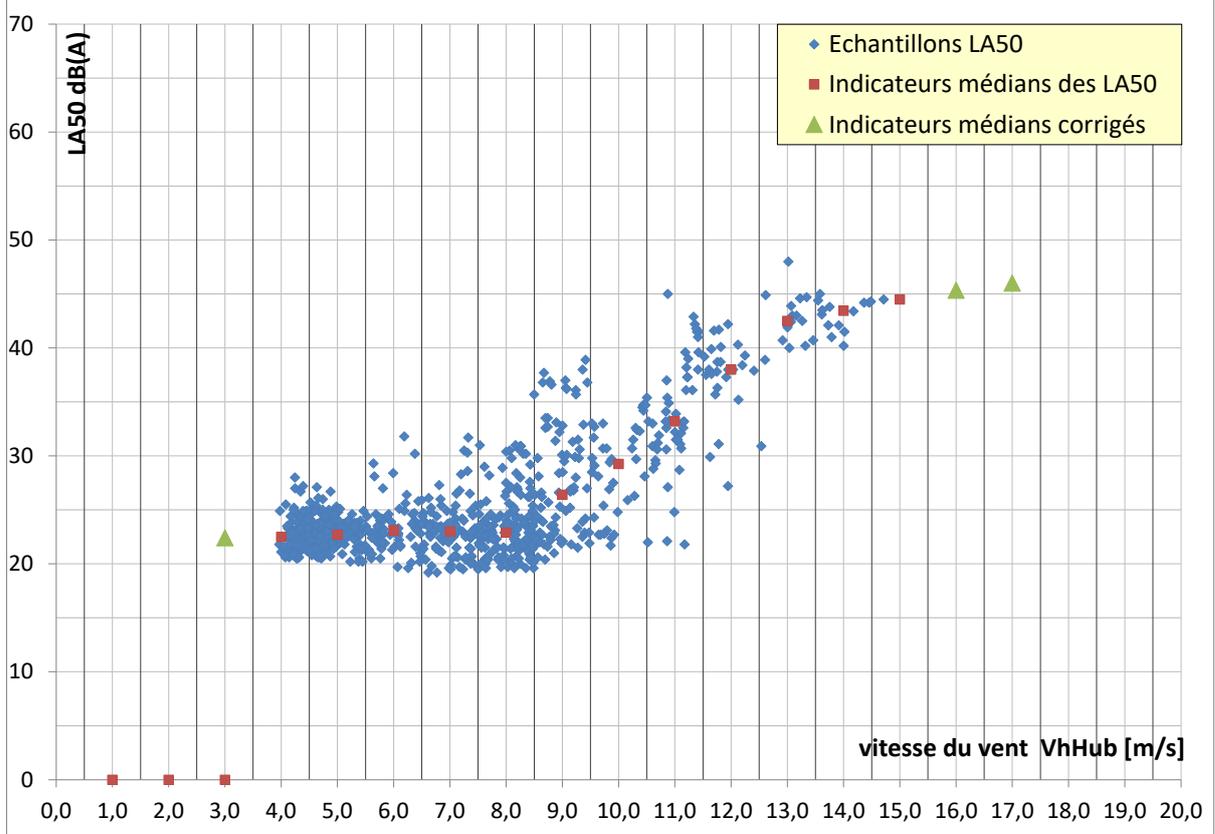


Secteur Secondaire : Nord-Est

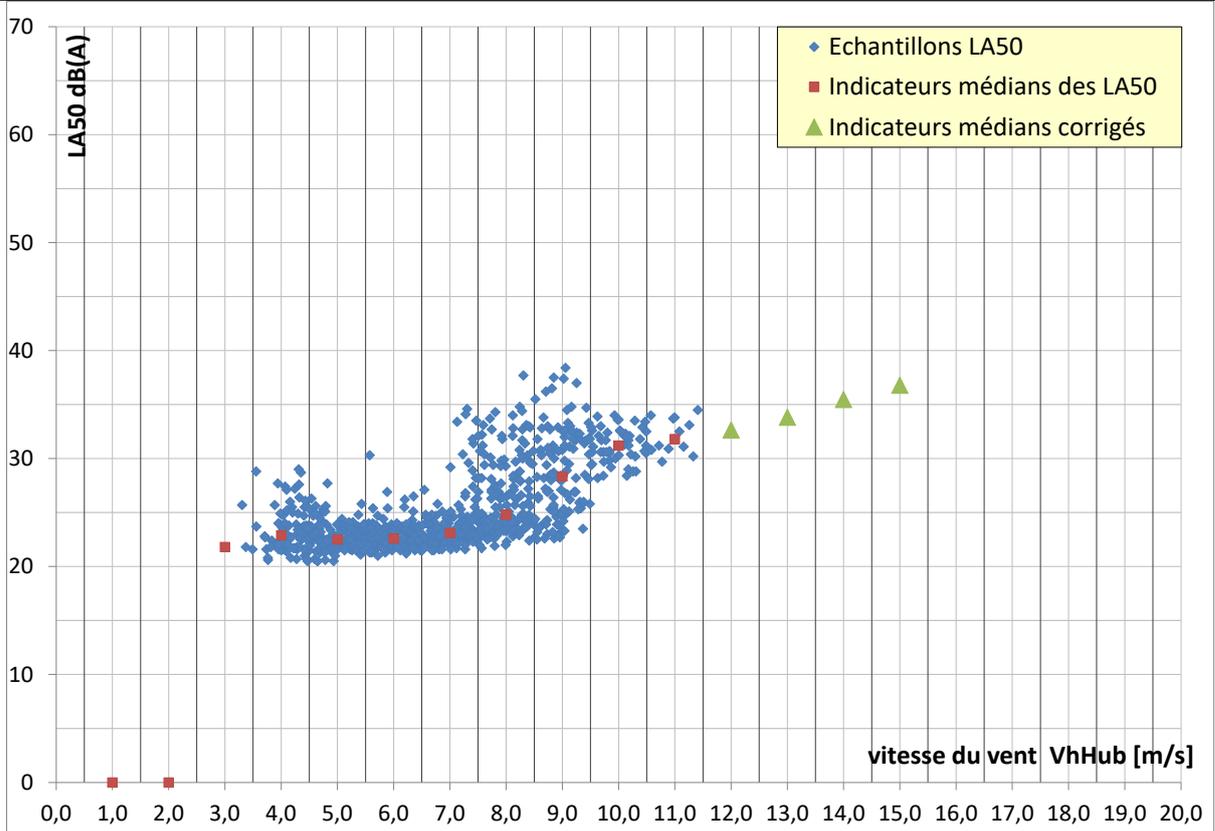


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.6. Point 6 : Pontrebeau

Présentation de la mesure

La mesure a été effectuée à proximité d'une maison qui se situe au sud de la zone d'étude, à l'entrée du hameau de Pontrebeau. Le point de mesure est placé dans un espace en pelouse à proximité de l'habitation.



Figure 16 : Emplacement du microphone [1 : 1500] – Point 6

Position topographique :

L'agencement du terrain et des habitations autour de la zone de mesure ne présente pas de particularité concernant le comportement sonore.

Végétation :

La végétation à proximité immédiate du point de mesure est moyenne. Grands arbres et fruitiers sont présents autour de l'équipement.

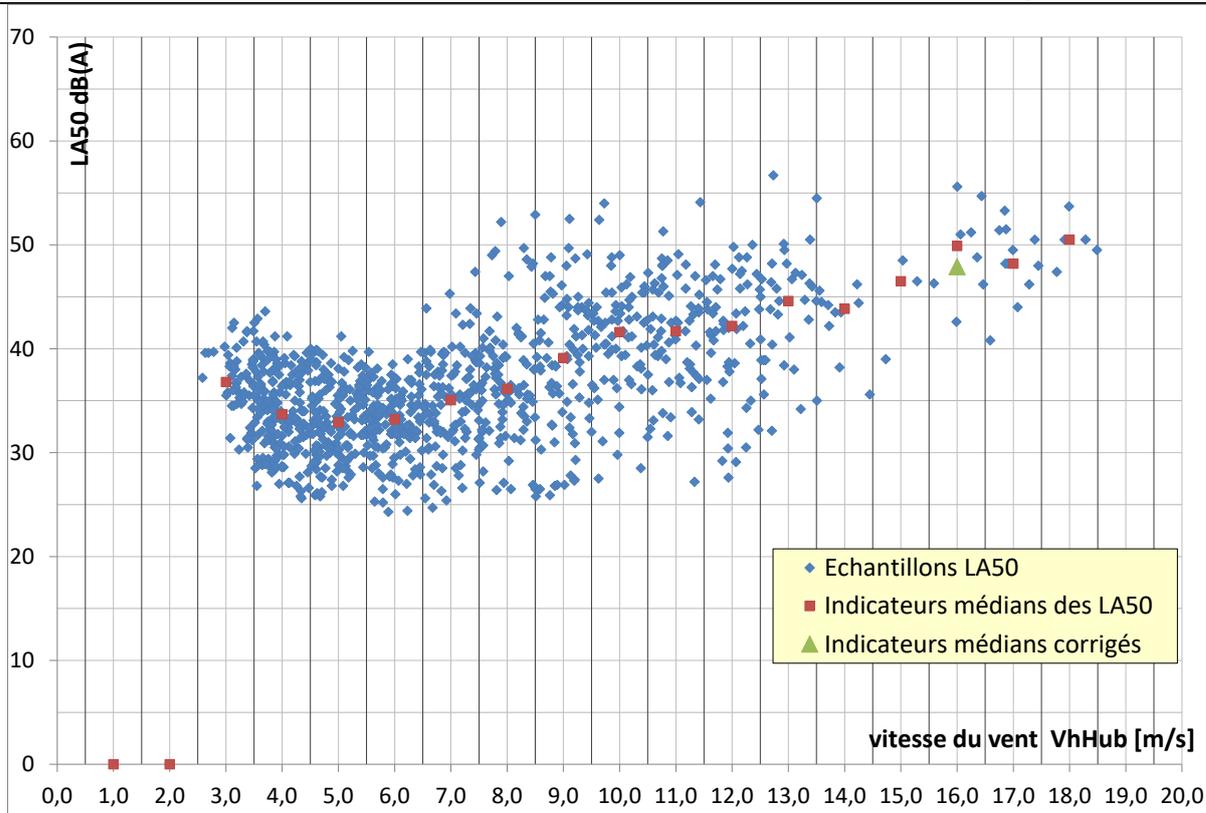
Composition du bruit résiduel :

- × Des bruits de circulation locale et des activités agricoles menées dans le secteur ;
- × Des bruits « naturels » liés au vent et à la végétation.

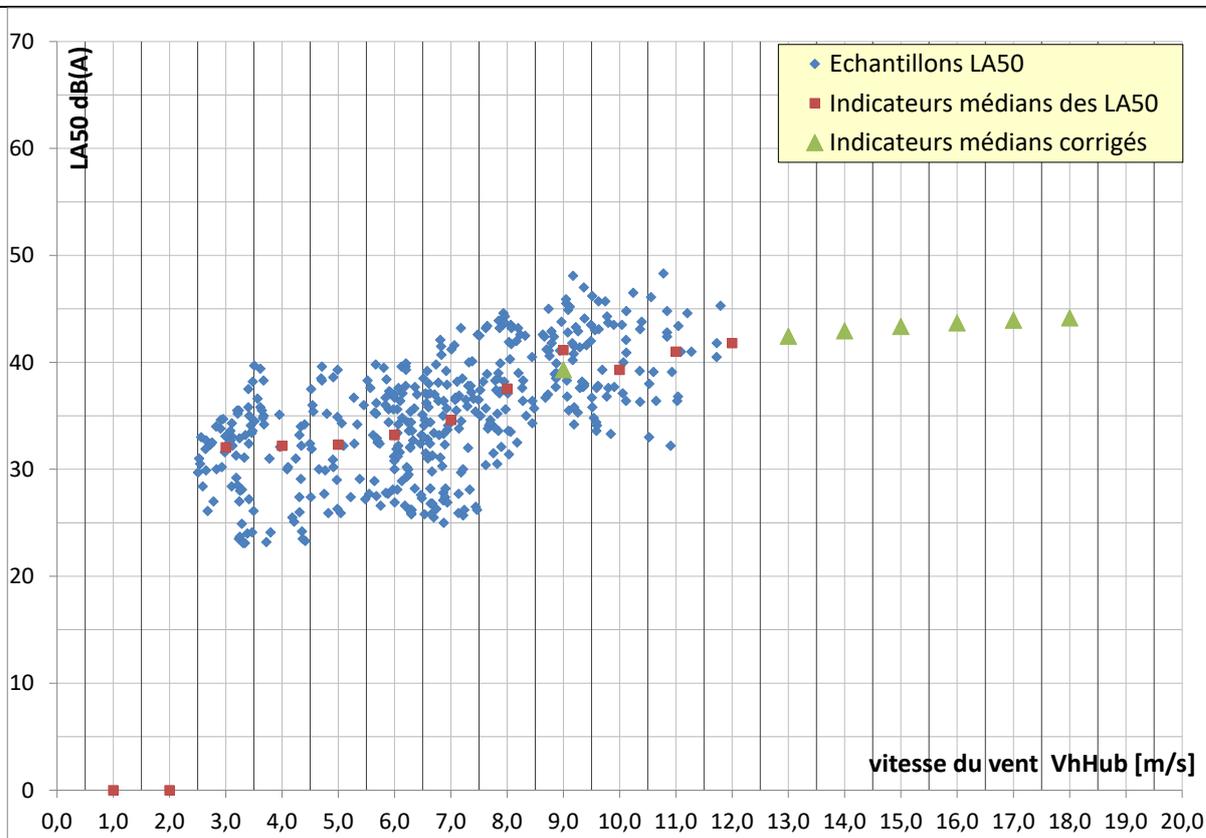


Analyse des bruits résiduels – période diurne

Secteur Principal : Sud-Ouest

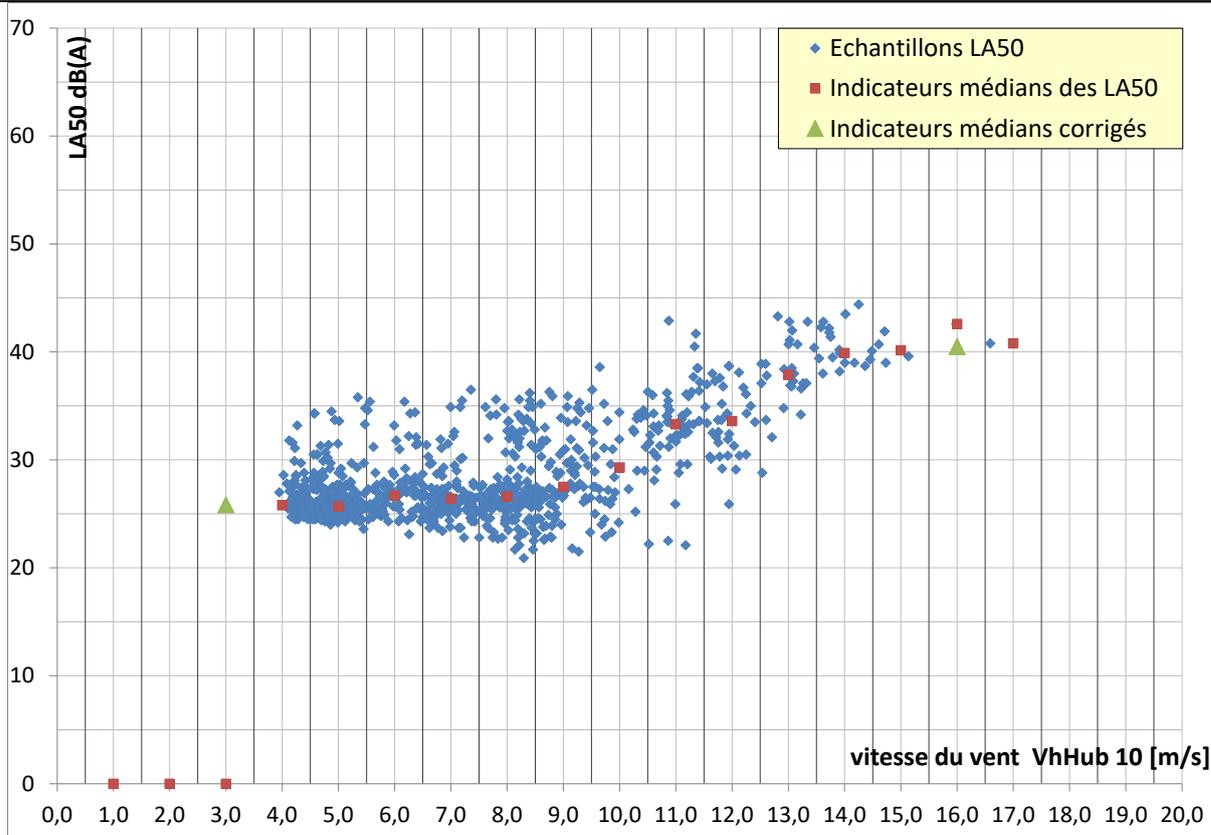


Secteur Secondaire : Nord-Est

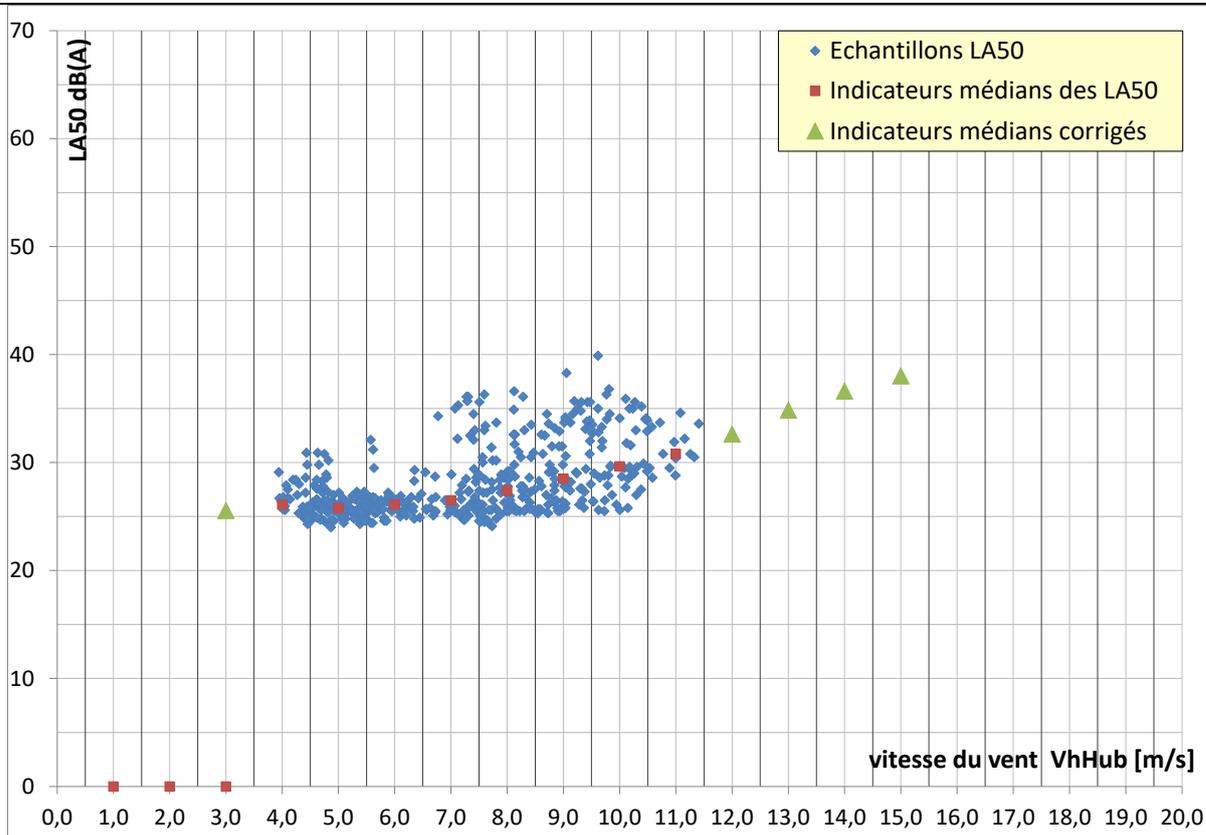


Analyse des bruits résiduels – période nocturne

Secteur Principal : Sud-Ouest



Secteur Secondaire : Nord-Est



3.7. Synthèse des données bruit/vent

La campagne de mesure nous a permis de collecter un échantillon de données suffisamment grand pour créer deux classes d'orientations des vents :

- Une classe correspondant au secteur principal des vents, d'ouest à sud,
- Une autre correspondant au secteur secondaire, de nord à est.

Ces données vont nous permettre ensuite de mener des calculs d'impacts pour ces deux conditions d'orientations des vents. Les résultats des analyses de l'état initial sont détaillés ci-après.

3.7.1 Conditions de vents Sud-Ouest

Les tableaux suivants donnent la synthèse des valeurs médianes du bruit résiduel selon les différents intervalles de vitesse et les emplacements de mesurage, pour les vents Sud-Ouest.

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période DIURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
Lavoncourt	34,7	35,1	36,0	35,7	36,7	37,7	39,8	41,0
Theuley	37,1	37,0	36,2	35,5	36,2	37,9	38,6	38,2
Rue des Pierres Blanches	35,8	35,3	34,5	34,2	34,9	36,5	40,8	41,5
Grande Rue	32,8	33,1	31,7	32,6	32,9	33,1	36,1	38,9
Le Moulin	39,6	38,5	37,6	36,9	37,8	38,6	41,0	42,0
Pontrebeau	36,8	33,7	32,9	33,2	35,1	36,2	39,1	41,6

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période DIURNE - dB(A)							
	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s	18m/s
Lavoncourt	41,9	42,5	45,0	45,4	46,8	48,0	49,0	49,7
Theuley	38,5	38,1	42,6	42,6	42,6	43,9	44,4	44,3
Rue des Pierres Blanches	42,5	42,4	45,6	46,0	47,2	48,0	49,4	49,4
Grande Rue	40,6	42,6	45,7	47,2	49,5	50,8	51,0	51,5
Le Moulin	44,0	44,6	46,0	47,6	48,5	49,9	50,0	51,7
Pontrebeau	41,7	42,2	44,6	43,9	46,5	47,9	48,2	50,5

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période NOCTURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
Lavoncourt	29,0	29,5	30,0	30,5	31,1	30,6	31,3	31,8
Theuley	22,3	22,6	23,4	25,0	25,0	25,0	25,8	27,5
Rue des Pierres Blanches	22,7	22,8	23,1	24,0	24,1	24,5	29,1	33,2
Grande Rue	22,9	22,9	23,0	26,0	26,4	26,8	29,4	32,7
Le Moulin	22,4	22,5	22,7	23,1	23,0	22,9	26,4	29,3
Pontrebeau	25,8	25,8	25,7	26,7	26,4	26,6	27,5	29,3

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période NOCTURNE - dB(A)						
	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s
Lavoncourt	36,3	37,7	41,8	45,1	46,0	46,7	47,3
Theuley	31,1	33,7	38,1	40,9	41,2	41,4	41,6
Rue des Pierres Blanches	37,8	38,7	43,8	46,0	47,2	47,8	48,2
Grande Rue	38,0	38,7	43,7	46,2	47,0	47,6	48,2
Le Moulin	33,2	38,0	42,5	43,5	44,5	45,3	46,0
Pontrebeau	33,3	33,6	37,9	39,9	40,2	40,5	40,8

Figure 17 : Synthèse des bruits résiduels mesurés - VhHub

 Valeurs extrapolées ou nombre échantillons < 10



Les panels de mesures rencontrés sur site sont constitués d'une gamme assez large de situations sonores en fonction du vent. Ils sont représentatifs de la situation sonore rencontrée en présence des vents principaux sur le site.

Ces mesures traduisent globalement l'élévation de l'ambiance sonore avec l'élévation des vitesses de vent. Les niveaux obtenus correspondent à des situations calmes à fortes en journées, et calmes à modérées la nuit.

- De jour, en fonction des positions et des vitesses, les niveaux estimés sont compris entre 31,7 dB(A) et 51,7 dB(A).
- De nuit, en fonction des positions et des vitesses, les niveaux estimés sont compris entre 22,3 dB(A) et 48,2 dB(A).

L'ambiance sonore mesurée est principalement liée aux vents et à la présence d'obstacles et de végétation à proximité des points de mesure. Elle est complétée en journée par les bruits d'activités de transport routier et d'activités agricoles dans le secteur.

3.7.2 Conditions de vents Nord-Est

Les tableaux suivants donnent la synthèse des valeurs médianes du bruit résiduel selon les différents intervalles de vitesse et les emplacements de mesurage, pour les vents de Nord-Est.

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période DIURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
Lavoncourt	33,8	34,0	33,6	34,2	34,7	35,1	36,8	36,6
Theuley	32,2	33,0	32,4	32,2	32,9	32,2	33,0	33,6
Rue des Pierres Blanches	37,4	38,5	36,8	35,9	37,3	38,4	38,9	41,4
Grande Rue	28,0	28,5	29,5	31,8	32,8	32,4	32,6	33,8
Le Moulin	29,6	31,6	31,7	33,7	34,8	34,8	36,0	37,8
Pontrebeau	32,1	32,2	32,3	33,2	34,6	37,6	39,9	39,3
Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période DIURNE - dB(A)							
	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s	18m/s
Lavoncourt	37,6	38,5	39,6	40,9	41,9	42,7	43,4	43,9
Theuley	33,7	34,8	36,2	37,4	38,5	39,4	40,1	40,7
Rue des Pierres Blanches	42,9	43,7	45,0	46,5	47,7	48,7	49,5	50,1
Grande Rue	34,7	35,9	37,7	40,6	43,0	44,9	46,4	47,6
Le Moulin	38,4	39,7	41,0	42,3	43,6	44,6	45,5	46,1
Pontrebeau	41,0	41,8	42,4	43,0	43,4	43,7	44,0	44,2



Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période NOCTURNE - dB(A)							
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
Lavoncourt	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	32,0	34,2
Theuley	21,7	23,4	22,9	22,7	22,8	23,5	25,0	25,8
Rue des Pierres Blanches	21,2	22,8	22,8	22,9	23,5	26,5	33,9	36,9
Grande Rue	21,3	22,9	23,3	22,4	22,1	22,9	26,0	26,7
Le Moulin	21,8	22,9	22,5	22,6	23,1	24,8	28,4	31,2
Pontrebeau	25,6	26,1	25,8	26,1	26,5	27,4	28,5	29,7

Position d'étude	Bruits résiduels mesurés - période NOCTURNE - dB(A)						
	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s	16m/s	17m/s
Lavoncourt	35,2	36,0	36,6	37,2	37,6	-	-
Theuley	28,3	30,9	33,1	35,0	36,4	-	-
Rue des Pierres Blanches	37,4	37,9	38,5	39,1	39,7	-	-
Grande Rue	28,9	31,9	34,4	36,4	37,9	-	-
Le Moulin	31,8	32,6	33,8	35,5	36,8	-	-
Pontrebeau	30,8	32,6	34,8	36,6	38,0	-	-

Figure 18 : Synthèse des bruits résiduels mesurés - VhHub

 Valeurs extrapolées ou nombre échantillons < 10

Les panels de mesures rencontrés sur site sont constitués d'une gamme assez large de situations sonores en fonction du vent. Ils sont représentatifs de la situation sonore rencontrée en présence des vents secondaires sur le site.

Ces mesures traduisent l'élévation de l'ambiance sonore avec l'élévation des vitesses de vent. Les niveaux obtenus correspondent à des situations calmes à modérées en journées, et calmes à modérées la nuit.

- De jour, en fonction des positions et des vitesses, les niveaux estimés sont compris entre 28,0 dB(A) et 50,1 dB(A).
- De nuit, en fonction des positions et des vitesses, les niveaux estimés sont compris entre 21,2 dB(A) et 39,7 dB(A).

L'ambiance sonore mesurée est principalement liée aux vents et à la présence d'obstacles et de végétation à proximité des points de mesure. Elle est complétée en journée par les bruits d'activités de transport routier et d'activités agricoles dans le secteur.



4. Simulation d'impact sonore

4.1. Niveaux sonores des éoliennes

- **Fonctionnement des éoliennes**

Les éoliennes sont des aérogénérateurs, ils produisent de l'énergie lorsque le vent entraîne leurs pales. L'origine des bruits émis est de trois ordres :

- Le bruit mécanique provenant de la nacelle ;
- Les sifflements émis en bout de pales par les turbulences ;
- Un bruit périodique au passage des pales devant le mât de l'éolienne.

Ces bruits se confondent et portent plus ou moins en fonction de différents paramètres liés à la distance et aux conditions météorologiques.

Les niveaux sonores des éoliennes évoluent en fonction des vitesses des vents :

- Pour des vents inférieurs au seuil de déclenchement (environ 3 m/s pour les éoliennes modernes), les éoliennes ne fonctionnant pas, il n'y a pas d'émissions sonores ;
- Entre le seuil de démarrage et 8 à 12 m/s, l'éolienne monte en puissance et le niveau sonore évolue jusqu'à un niveau maximum atteint en même temps que le seuil de puissance maximal ;
- Au-delà de ce seuil, les niveaux sonores des éoliennes sont globalement constants (en fonction des modèles).

Afin de caractériser ces émissions acoustiques, les niveaux sonores des éoliennes sont calculés théoriquement ou mesurés sur site par le constructeur, selon un protocole fourni par la norme « IEC 61400-11 ».

Les puissances sonores annoncées par les fabricants sont définies pour différentes vitesses de vent, exprimées en fonction d'une hauteur de mesure de vent.

Les résultats de ces mesures caractérisent les émissions sonores des éoliennes en fonction des vitesses de vents et toujours dans le sens d'un vent Principal vers l'équipement de mesure.

- **Spécificité des niveaux sonores autour des éoliennes**

L'éolienne a besoin de vent pour assurer sa rotation et plus le vent est fort, plus elle tourne vite, jusqu'à sa puissance nominale. Cette interaction conditionne le niveau de bruit émis par l'éolienne mais également l'ensemble des niveaux existants autour de celle-ci et dans un champ élargi contenant les habitations les plus proches.

Plus le vent est fort en un point donné, plus le bruit résiduel existant au sol aura tendance à s'élever.

D'autre part, la participation sonore de l'éolienne par rapport au bruit global est maximale lorsque le vent est en provenance de celle-ci vers le lieu d'écoute. Elle est a priori plus faible dans des secteurs de vents dits de travers et atténuée lorsque le vent est contraire au sens de l'éolienne vers l'habitation.



4.2. Modélisation du site

Le logiciel INOISE est un calculateur 3D, il permet de modéliser la propagation acoustique en espace extérieur, en prenant en compte l'ensemble des paramètres influents exploitables, en l'état des connaissances.

Afin de quantifier l'influence des émissions sonores des éoliennes du projet, une modélisation informatique a été réalisée. Celle-ci va prendre en compte un ensemble de paramètres influents sur la propagation du son :

- La zone d'étude (topographie, carte IGN 1/25000^{ème}, ...)
- Les sources de bruits et leurs caractéristiques géométriques et techniques ;
- Les effets de propagation et d'atténuation du son dans l'air ;
- L'implantation des éoliennes du projet.

4.3. Paramètres de saisie

Terrain :

La topographie du site a été saisie à partir d'un fichier informatique IGN 1/25000^{ème}.

Méthode de calcul :

La méthode de calcul utilisée est la méthode **ISO9613-2_Concawe**. Il s'agit du code de calcul normalisé pour la simulation des sources de bruit dans l'industrie. Le paramètre « **Concawe** » permet de prendre en compte les directions de vents et la classe de stabilité du vent.

Conditions de calcul :

Nous avons séparé en deux conditions de direction de vent bien distinctes (pour correspondre à un secteur proche des conditions de mesures) :

- **Condition principale : Secteur Sud-Ouest [225° +/- 90°]**
- **Condition secondaire : Secteur Nord-Est [45° +/- 90°]**

Les variables retenues pour les différents calculs sont résumées ci-dessous :

Paramètres	Conditions principales		Conditions secondaires	
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Période	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Température	5°C	5°C	5°C	5°C
Hygrométrie	70%	70%	70%	70%
Provenance du vent	225°	225°	45°	45°
Coefficient de sol	0,5	0,5	0,5	0,5
Gamme de vitesse de vent VhHub	5 à 15 m/s	5 à 15 m/s	5 à 15 m/s	5 à 15 m/s
Distance de propagation	5000 mètres	5000 mètres	5000 mètres	5000 mètres

Figure 19 : Conditions des calculs

Le couple température / hygrométrie est un couple standard légèrement favorable à la propagation et protecteur ne pas sous-estimer les calculs en ZER.



Les conditions de calculs retenues sont conservatives. Elles sont volontairement « fortes » pour les points situés sous le vent, avec un coefficient de sol de 0.5m, de manière à ne pas sous-estimer l'impact sonore.

Récepteurs des calculs :

Les 6 points de mesures sont repris pour les calculs. Ces 6 points sont représentatifs de l'ensemble des zones impactées par le projet.

Nous avons ajouté 2 zones de calculs au sud-ouest du projet : Membrey et Brotte-les-Ray. Ces deux zones sont éloignées et viennent compléter l'exhaustivité de l'étude sans pour autant présenter une sensibilité particulière. Les mesures du point Pontrebeau_M sont utilisées comme références pour ces deux points complémentaires.

La carte ci-dessous illustre l'implantation retenue pour le projet (coordonnées géographiques disponibles en **Annexe 3**), ainsi que les points de calculs utilisés pour l'évaluation règlementaire :

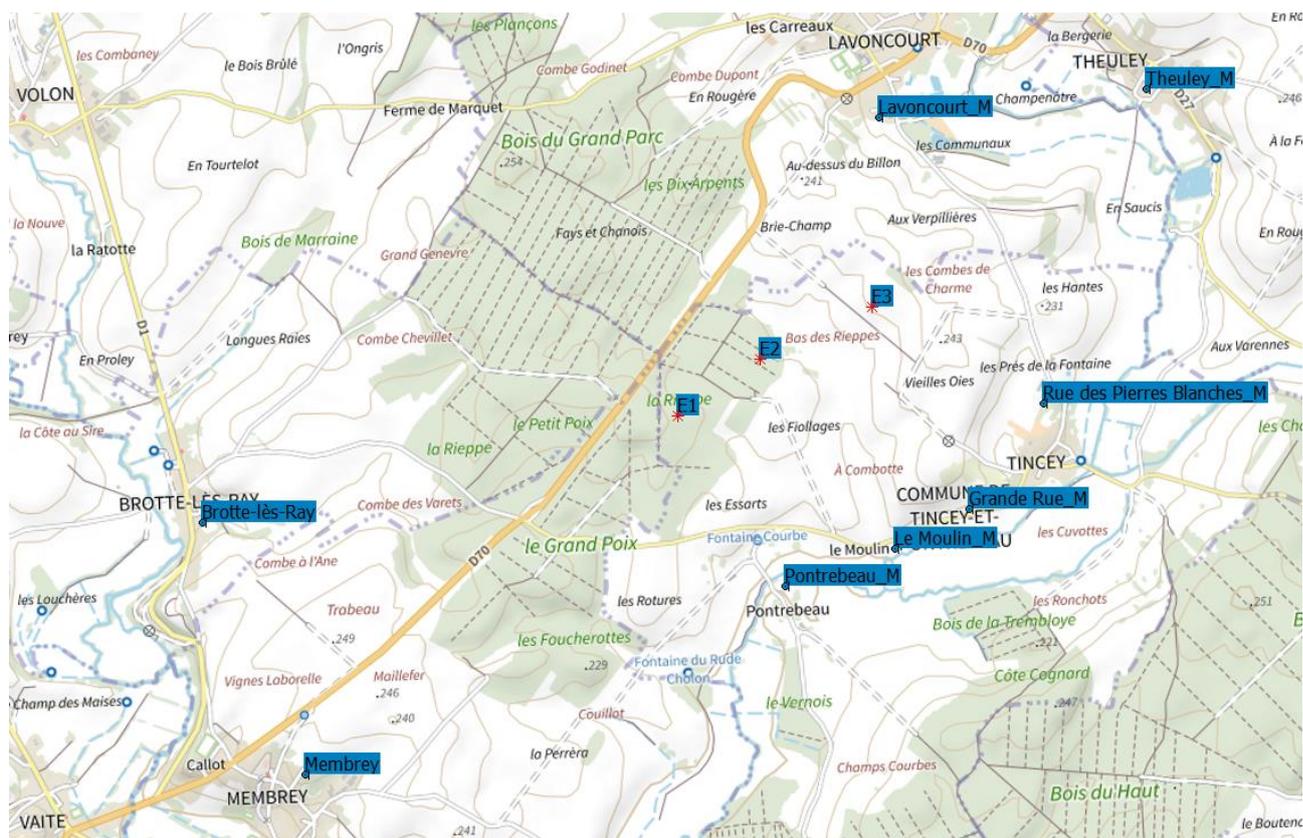


Figure 20 : Implantation retenue et points de calculs



4.4. Niveaux sonores des éoliennes

Le projet éolien de Tincey est composé de 3 éoliennes, dont la distance minimale avec l'habitation la plus proche est 854m, ce qui respect la distance réglementaire minimale de 500m.

Les éoliennes considérées dans ce dossier sont des **NORDEX N131-3.6MW**.

Ce type d'éolienne a été choisi car elles sont, au regard des données actuelles, adaptées d'un point de vue technique et économique au site. Le fabricant dispose des données acoustiques des dernières versions de ces éoliennes. Cette version comporte notamment des serrations pour l'amélioration de l'aspect acoustique.

Les tableaux ci-dessous synthétisent les caractéristiques techniques acoustiques de chaque mode disponible sur les machines :

Caractéristiques des éoliennes :

Marque : NORDEX
 Type : N131_3.6MW
 Références : F008_257_A13

Niveau de puissance sonore (SPL) – global dB(A)											
Vitesse de vent (VHUB)	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	13 m/s	14 m/s	15 m/s
N131_3.6MW Hhub	93,0	94,3	99,0	101,9	103,5	103,6	103,8	103,9	103,9	103,9	103,9
Mode 1	93,0	94,3	99,0	101,9	103,1	103,2	103,4	103,5	103,5	103,5	103,5
Mode 2	93,0	94,3	99,0	101,9	102,7	102,9	103,0	103,1	103,1	103,1	103,1
Mode 3	93,0	94,3	99,0	101,9	102,3	102,5	102,6	102,7	102,7	102,7	102,7
Mode 4	93,0	94,3	99,0	101,4	101,6	101,8	101,9	102,0	102,0	102,0	102,0
Mode 5	93,0	94,3	98,8	99,2	99,3	99,4	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5
Mode 6	93,0	94,3	98,5	98,7	98,8	98,9	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Mode 7	93,0	94,3	98,0	98,2	98,3	98,4	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5
Mode 8	93,0	94,3	97,5	97,7	97,8	97,9	98,0	98,0	98,0	98,0	98,0
Mode 9	93,0	94,3	97,0	97,2	97,3	97,4	97,5	97,5	97,5	97,5	97,5
Mode 10	93,0	94,3	96,5	96,7	96,8	96,9	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0
Mode 11	93,0	94,3	96,0	96,2	96,3	96,4	96,5	96,5	96,5	96,5	96,5
Mode 12	93,0	94,3	95,5	95,7	95,8	95,9	96,0	96,0	96,0	96,0	96,0

Figure 21 : Niveaux sonores des éoliennes



4.5. Résultats du calcul du bruit ambiant

4.5.1 Résultat en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])

Dans des conditions normales de fonctionnement, le parc apportera un bruit particulier compris entre 6,2 et 34,9 dB(A) aux points les plus exposés. Ces niveaux sont faibles à modérés.

Le bruit particulier est une composante du bruit ambiant qu'on peut identifier spécifiquement (le bruit ambiant étant le bruit total existant en un point donné pendant une période donnée). En l'occurrence ici, le bruit particulier correspond au bruit individualisé des éoliennes sur chaque point d'écoute et pour chaque vitesse de vent (le détail est disponible en annexe 4).

Les tableaux ci-après présentent les bruits ambiants et les émergences ainsi obtenues.

Bruits ambiants calculés - VhHub :

Il s'agit de la somme logarithmique³ du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier émis au point de mesure par l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période DIURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	36,3	36,1	37,5	38,9	40,9	41,9	42,6	43,2	45,4	45,8	47,1
Theuley_M	36,3	35,6	36,4	38,2	39,0	38,6	38,9	38,5	42,8	42,8	42,8
Rue des Pierres Blanches_M	34,8	34,7	36,0	38,0	41,6	42,2	43,1	43,0	45,9	46,3	47,4
Grande Rue_M	32,1	33,0	34,0	35,0	37,6	39,7	41,2	43,0	45,9	47,3	49,6
Le Moulin_M	37,7	37,0	38,1	39,0	41,4	42,3	44,2	44,8	46,1	47,7	48,6
Pontrebeau_M	33,0	33,4	35,4	36,6	39,4	41,8	41,9	42,4	44,7	44,0	46,6
Membrey	32,9	33,2	35,1	36,2	39,1	41,6	41,7	42,2	44,6	43,9	46,5
Brotte-lès-Ray	32,9	33,2	35,1	36,2	39,1	41,6	41,7	42,2	44,6	43,9	46,5
Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	30,9	31,6	33,6	34,9	36,2	36,4	38,6	39,5	42,6	45,5	46,3
Theuley_M	24,4	25,9	27,3	28,7	30,0	30,8	32,9	34,8	38,5	41,1	41,4
Rue des Pierres Blanches_M	26,4	27,4	30,7	33,1	35,3	36,7	39,4	40,1	44,3	46,3	47,5
Grande Rue_M	25,4	27,7	30,0	32,0	34,0	35,5	39,1	39,6	44,0	46,4	47,1
Le Moulin_M	24,8	25,5	28,1	30,3	32,3	33,3	35,4	38,9	42,8	43,7	44,7
Pontrebeau_M	26,4	27,4	28,3	29,6	30,8	31,8	34,5	34,8	38,4	40,2	40,4
Membrey	25,7	26,8	26,6	26,9	27,8	29,5	33,4	33,7	37,9	39,9	40,2
Brotte-lès-Ray	25,8	26,8	26,6	26,9	27,9	29,6	33,4	33,7	37,9	39,9	40,2

En bleu : bruit ambiant inférieur à 35 dB(A).

³ L'addition des niveaux sonores s'effectue de manière logarithmique, voir lexique en annexe 2



4.5.2 Résultat en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])

Dans des conditions normales de fonctionnement, le parc apportera un bruit particulier compris entre 10,2 et 35,5 dB(A) aux points les plus exposés. Ces niveaux sont faibles à modérés.

Le bruit particulier est une composante du bruit ambiant qu'on peut identifier spécifiquement (le bruit ambiant étant le bruit total existant en un point donné pendant une période donnée). En l'occurrence ici, le bruit particulier correspond au bruit individualisé des éoliennes sur chaque point d'écoute et pour chaque vitesse de vent (le détail est disponible en annexe4).

Les tableaux ci-après présentent les bruits ambiants et les émergences ainsi obtenues.

Bruits ambiants calculés – VhHub :

Il s'agit de la somme logarithmique⁴ du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier émis au point de mesure par l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période DIURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	33,7	34,3	35,0	35,6	37,3	37,1	38,0	38,8	39,8	41,1	42,1
Theuley_M	32,4	32,2	33,0	32,4	33,2	33,8	33,9	35,0	36,3	37,5	38,6
Rue des Pierres Blanches_M	36,8	36,0	37,5	38,6	39,1	41,5	43,0	43,8	45,1	46,6	47,8
Grande Rue_M	30,1	32,2	33,9	34,4	35,2	35,9	36,5	37,3	38,7	41,2	43,3
Le Moulin_M	32,2	34,2	35,8	36,6	37,9	39,2	39,7	40,7	41,8	42,9	44,0
Pontrebeau_M	33,0	33,9	36,1	39,0	41,1	40,7	42,1	42,7	43,2	43,7	44,0
Membrey	32,4	33,3	34,7	37,7	40,0	39,4	41,1	41,9	42,5	43,0	43,4
Brotte-lès-Ray	32,4	33,3	34,7	37,7	40,0	39,4	41,1	41,9	42,5	43,0	43,4
Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	27,4	28,5	29,9	31,3	33,2	35,0	35,9	36,6	37,2	37,6	38,0
Theuley_M	23,1	23,0	23,7	24,8	26,4	27,0	29,0	31,3	33,4	35,2	36,6
Rue des Pierres Blanches_M	23,8	24,2	26,3	29,1	34,7	37,4	37,8	38,3	38,9	39,4	39,9
Grande Rue_M	25,4	25,4	28,4	30,9	32,7	32,9	33,6	35,0	36,4	37,7	38,9
Le Moulin_M	25,7	26,4	29,9	32,6	34,6	35,5	35,9	36,3	36,8	37,7	38,6
Pontrebeau_M	28,3	29,0	32,0	34,5	36,0	36,3	36,7	37,3	38,2	39,1	40,0
Membrey	26,0	26,4	27,2	28,5	29,7	30,7	31,6	33,2	35,2	36,9	38,2
Brotte-lès-Ray	26,1	26,4	27,4	28,7	30,0	30,8	31,8	33,3	35,3	36,9	38,2

En bleu : bruit ambiant inférieur à 35 dB(A).

⁴ L'addition des niveaux sonores s'effectue de manière logarithmique, voir lexique en annexe 2



5. Evaluation réglementaire

5.1. Résultats des émergences globales

5.1.1. Résultats en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])

L'émergence maximale tolérée en ZER en période diurne est de 5 dB(A) et de 3 dB(A) en période nocturne. Le fonctionnement considéré des éoliennes est continu. Selon les mesures sur site et via les outils méthodologiques disponibles, les résultats obtenus sont :

Calculs des émergences - VhHub :

Il s'agit de la différence arithmétique entre le bruit ambiant calculé et le bruit résiduel mesuré, pour chaque vitesse de vent, pour l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Émergences calculées - période DIURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	0,3	0,4	0,8	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,4	0,4	0,3
Theuley_M	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Rue des Pierres Blanches_M	0,3	0,5	1,1	1,5	0,8	0,7	0,6	0,7	0,3	0,3	0,2
Grande Rue_M	0,4	0,4	1,1	1,9	1,5	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1
Le Moulin_M	0,1	0,1	0,3	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Pontrebeau_M	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Membrey	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Brotte-lès-Ray	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	1,0	1,1	2,5	4,3	4,9	4,6	2,3	1,8	0,8	0,4	0,3
Theuley_M	1,0	0,9	2,3	3,7	4,2	3,3	1,8	1,1	0,4	0,2	0,2
Rue des Pierres Blanches_M	3,3	3,4	6,6	8,6	6,2	3,6	1,6	1,4	0,5	0,3	0,2
Grande Rue_M	2,4	1,7	3,7	5,3	4,6	2,8	1,1	0,9	0,3	0,2	0,1
Le Moulin_M	2,1	2,4	5,1	7,4	5,9	4,0	2,2	0,9	0,3	0,3	0,2
Pontrebeau_M	0,7	0,7	1,9	3,0	3,3	2,5	1,2	1,2	0,5	0,3	0,3
Membrey	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Brotte-lès-Ray	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

« Fond bleu » : Suivant l'arrêté du 26 août 2011, l'émergence n'est pas réglementée pour les situations présentant un bruit ambiant inférieur à 35 dB(A).

Pour la période diurne, avec un fonctionnement « normal » :

- Il n'y a pas de dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant de 1,5 dB(A).

Pour la période nocturne, avec un fonctionnement « normal » :

- Il y a des dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant de 6,2 dB(A).

5.1.2 Résultats en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])

L'émergence maximale tolérée en ZER en période diurne est de 5 dB(A) et de 3 dB(A) en période nocturne. Le fonctionnement considéré des éoliennes est continu. Selon les mesures sur site et via les outils méthodologiques disponibles, les résultats obtenus sont :

Calculs des émergences - VhHub :

Il s'agit de la différence arithmétique entre le bruit ambiant calculé et le bruit résiduel mesuré, pour chaque vitesse de vent, pour l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Émergences calculées - période DIURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2
Theuley_M	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Rue des Pierres Blanches_M	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Grande Rue_M	0,6	0,5	1,1	2,0	2,6	2,1	1,8	1,5	1,0	0,6	0,3
Le Moulin_M	0,5	0,5	1,0	1,8	1,9	1,4	1,3	1,0	0,8	0,6	0,4
Pontrebeau_M	0,7	0,7	1,5	1,4	1,2	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7
Membrey	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Brotte-lès-Ray	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	0,4	0,5	0,9	1,3	1,2	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
Theuley_M	0,2	0,3	0,9	1,3	1,4	1,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1
Rue des Pierres Blanches_M	1,0	1,3	2,8	2,6	0,9	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
Grande Rue_M	2,1	3,0	6,3	8,0	6,7	6,2	4,8	3,0	2,0	1,4	1,0
Le Moulin_M	3,2	3,8	6,8	7,8	6,2	4,3	4,1	3,6	3,0	2,3	1,8
Pontrebeau_M	2,5	2,9	5,5	7,1	7,5	6,6	5,9	4,7	3,3	2,5	1,9
Membrey	0,2	0,3	0,7	1,1	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2
Brotte-lès-Ray	0,3	0,3	0,9	1,3	1,5	1,2	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2

« Fond bleu » : Suivant l'arrêté du 26 août 2011, l'émergence n'est pas réglementée pour les situations présentant un bruit ambiant inférieur à **35 dB(A)**.

Pour la période diurne, avec un fonctionnement « normal » :

- Il n'y a pas de dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant de 2,6 dB(A).

Pour la période nocturne, avec un fonctionnement « normal » :

- Il y a des dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant de 7,5 dB(A).



5.2 Mise en conformité et réduction des impacts

Pour mettre le parc en conformité, il est nécessaire d'appliquer des mesures de réduction consistant en des restrictions de fonctionnement. Le Plan de Gestion Acoustique (PGA), ou plan de bridage acoustique, est établi par machine et par vitesse de vent. Ces PGA sont le plus détaillés possibles de manière à permettre de réduire autant que faire se peut l'impact sur la production du parc. Ils sont automatisés et programmés dans les éoliennes.

On parle de « fonctionnement adapté » ou « plan de bridage » lorsque le fonctionnement « normal » ou « par défaut » des éoliennes est modifié pour s'adapter à une contrainte donnée, ici pour réduire leurs émissions sonores. Le niveau de bruit d'une éolienne varie avec la vitesse de rotation des pales et donc avec la vitesse du vent. Un « fonctionnement adapté » consiste principalement, pour une vitesse de vent donnée, à réduire la vitesse de rotation des pales pour réduire le niveau des émissions sonores. Une réduction du niveau de bruit d'une éolienne à une vitesse de vent donnée se traduit ainsi presque toujours par une réduction de sa production à cette vitesse de vent. Les fabricants proposent une adaptation de ses machines pour fonctionner à plusieurs vitesses de rotations différentes. Ceci est appelé « mode de fonctionnement ». Le Mode Standard ou Mode 0 sont par exemple les noms communément donnés au mode de fonctionnement normal : aucune réduction de la vitesse de rotation des pales n'est appliquée.

Ainsi le « plan de bridage » est une programmation paramétrique et temporelle des modes de fonctionnement : pour chaque éolienne, on détermine le mode de fonctionnement adapté selon la vitesse du vent, l'heure, ... Par exemple, une éolienne pourra fonctionner en Mode acoustique lorsque le vent est entre 6 et 8 m/s tous les jours de la semaine, de 22h00 à 7h00. Puis en dehors de ces conditions, fonctionner en Mode Standard ou Mode 0. Si la contribution sonore des éoliennes est trop élevée et crée des émergences trop élevées, les éoliennes peuvent être arrêtées pour respecter la réglementation. Chaque modèle d'éolienne dispose de caractéristiques propres (courbes de puissance électrique et acoustique, définition des modes de fonctionnement, possibilités de paramétrage). Les noms et nombres de modes de fonctionnement varient selon les modèles. Le « plan de bridage » doit être conçu individuellement pour chaque éolienne et en fonction de l'environnement acoustique du secteur du projet.

Des mesures complémentaires à celles menées dans le cadre de la conception du projet peuvent également permettre d'affiner les conditions dans lesquelles tel ou tel mode doit être appliqué. Les outils de simulation du bruit évoluent également.

Ainsi, dans un but de recherche d'optimisation de la production, tout en assurant la conformité à la réglementation acoustique, les « plans de bridage » ne sont pas figés et évoluent régulièrement dans la vie du projet (il s'écoule plusieurs années entre la conception du projet, le dépôt des demandes d'autorisation et la mise en service des installations) puis au cours des 20 à 30 années d'exploitation.



5.2.1 Plan de gestion Acoustique en Condition Principale (Sud-Ouest [225°])

Les calculs réalisés font apparaître un besoin de limitation des émissions sonores de nuit afin d'obtenir une prévision des émissions présentant une émergence inférieure à 3 dB(A) sur la période nocturne. Il est donc nécessaire de mettre en place une mesure de réduction consistant en un « plan de bridage nocturne ». Cette optimisation est effectuée en appliquant un ensemble de mode de fonctionnement disponible pour l'éolienne.

- **Conditions de réduction Diurne :**

[AUCUN BRIDAGE NECESSAIRE]

- **Conditions de réduction Nocturne :**

Plan de bridage - fonctionnement nocturne des machines											
Vitesse de vent (VHUB)	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	13 m/s	14 m/s	15 m/s
E1											
E2						Mode 3					
E3					Mode 5	Mode 5					

Bruits ambiants calculés - VhHub :

Il s'agit de la somme logarithmique⁵ du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier émis au point de mesure par l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	30,9	31,6	33,6	34,9	34,9	35,0	38,6	39,5	42,6	45,5	46,3
Theuley_M	24,4	25,9	27,3	28,7	28,9	29,7	32,9	34,8	38,5	41,1	41,4
Rue des Pierres Blanches_M	26,4	27,4	30,7	33,1	33,8	35,5	39,4	40,1	44,3	46,3	47,5
Grande Rue_M	25,4	27,7	30,0	32,0	33,7	35,0	39,1	39,6	44,0	46,4	47,1
Le Moulin_M	24,8	25,5	28,1	30,3	32,0	32,9	35,4	38,9	42,8	43,7	44,7
Pontrebeau_M	26,4	27,4	28,3	29,6	30,6	31,5	34,5	34,8	38,4	40,2	40,4
Membrey	25,7	26,8	26,6	26,9	27,8	29,5	33,4	33,7	37,9	39,9	40,2
Brotte-lès-Ray	25,8	26,8	26,6	26,9	27,9	29,5	33,4	33,7	37,9	39,9	40,2

Calculs des émergences nocturnes avec PGA - VhHub :

Il s'agit de la différence arithmétique entre le bruit ambiant calculé et le bruit résiduel mesuré, pour chaque vitesse de vent, pour l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	1,0	1,1	2,5	4,3	3,6	3,2	2,3	1,8	0,8	0,4	0,3
Theuley_M	1,0	0,9	2,3	3,7	3,1	2,2	1,8	1,1	0,4	0,2	0,2
Rue des Pierres Blanches_M	3,3	3,4	6,6	8,6	4,7	2,3	1,6	1,4	0,5	0,3	0,2
Grande Rue_M	2,4	1,7	3,7	5,3	4,3	2,3	1,1	0,9	0,3	0,2	0,1
Le Moulin_M	2,1	2,4	5,1	7,4	5,6	3,7	2,2	0,9	0,3	0,3	0,2
Pontrebeau_M	0,7	0,7	1,9	3,0	3,1	2,2	1,2	1,2	0,5	0,3	0,3
Membrey	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Brotte-lès-Ray	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0

« Fond bleu » : Suivant l'arrêté du 26 août 2011, l'émergence n'est pas réglementée pour les situations présentant un bruit ambiant inférieur à 35 dB(A).

⁵ L'addition des niveaux sonores s'effectue de manière logarithmique, voir lexique en annexe 2



Selon les mesures sur site et via les outils méthodologiques disponibles, le résultat pour la période nocturne, avec un fonctionnement « réduit », est le suivant :

Il n'y a pas de dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant de 2,3 dB(A) pour 3 dB(A).

5.2.2 Plan de gestion Acoustique en Condition Secondaire (Nord-Est [45°])

Les calculs réalisés font apparaître un besoin de limitation des émissions sonores de nuit afin d'obtenir une prévision des émissions présentant une émergence inférieure à 3 dB(A) sur la période nocturne. Il est donc nécessaire de mettre en place une mesure de réduction consistant en un « plan de bridage nocturne ».

- **Conditions de réduction Diurne :**

[AUCUN BRIDAGE NECESSAIRE]

- **Conditions de réduction Nocturne :**

Plan de bridage_ fonctionnement nocturne des machines											
Vitesse de vent (VHUB)	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	13 m/s	14 m/s	15 m/s
E1					Mode 4	Mode 5	Mode 5	Mode 5	Mode 4		
E2					Mode 3	Mode 3	Mode 4	Mode 5			
E3						Mode 2	Mode 3	Mode 3			

Bruits ambiants calculés - VhHub :

Il s'agit de la somme logarithmique⁶ du bruit résiduel mesuré et du bruit particulier émis au point de mesure par l'ensemble des éoliennes du projet.

Position d'étude	Bruits ambiants calculés - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	27,4	28,5	29,9	31,4	33,1	34,8	35,7	36,4	37,1	37,6	38,0
Theuley_M	23,1	23,0	23,7	24,8	26,2	26,7	28,8	31,1	33,4	35,2	36,6
Rue des Pierres Blanches_M	23,8	24,2	26,2	29,1	34,6	37,3	37,7	38,1	38,9	39,4	39,9
Grande Rue_M	25,4	25,4	28,4	30,8	32,5	32,2	32,8	34,2	36,3	37,7	38,9
Le Moulin_M	25,7	26,5	30,0	32,6	34,1	34,9	34,9	35,0	36,8	37,7	38,6
Pontrebeau_M	28,2	29,0	32,0	34,4	34,9	34,6	34,9	35,3	37,8	39,1	39,9
Membrey	26,0	26,4	27,2	28,5	29,5	30,3	31,3	32,9	35,1	36,9	38,2
Brotte-lès-Ray	26,1	26,4	27,4	28,7	29,6	30,4	31,3	32,9	35,2	36,9	38,2

Calculs des émergences nocturnes avec PGA - VhHub :

Il s'agit de la différence arithmétique entre le bruit ambiant calculé et le bruit résiduel mesuré, pour chaque vitesse de vent, pour l'ensemble des éoliennes du projet.

⁶ L'addition des niveaux sonores s'effectue de manière logarithmique, voir lexique en annexe 2



Position d'étude	Émergences calculées - période NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavoncourt_M	0,4	0,5	0,9	1,4	1,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4
Theuley_M	0,2	0,3	0,9	1,3	1,2	0,9	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1
Rue des Pierres Blanches_M	1,0	1,3	2,7	2,6	0,8	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Grande Rue_M	2,1	3,0	6,3	7,9	6,5	5,6	3,9	2,3	1,9	1,4	1,0
Le Moulin_M	3,2	3,9	6,9	7,8	5,8	3,7	3,1	2,3	3,0	2,3	1,8
Pontrebeau_M	2,4	2,9	5,5	7,0	6,4	5,0	4,1	2,6	2,9	2,5	1,9
Membrey	0,2	0,3	0,7	1,1	1,0	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2
Brotte-lès-Ray	0,3	0,3	0,9	1,3	1,1	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2

« *Fond bleu* » : Suivant l'arrêté du 26 août 2011, l'émergence n'est pas réglementée pour les situations présentant un bruit ambiant inférieur à **35 dB(A)**.

Selon les mesures sur site et via les outils méthodologiques disponibles, le résultat pour la période nocturne, avec un fonctionnement « réduit », est le suivant :

Il n'y a pas de dépassements prévisionnels des émergences réglementaires, l'émergence la plus élevée étant 2,9 dB(A) pour 3 dB(A).

5.3 Résultats des seuils en limite de périmètre

L'arrêté ministériel spécifie un périmètre de contrôle autour des éoliennes au sein duquel le bruit est réglementé. Ce périmètre correspond au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques centrés sur chaque aérogénérateur et de rayon $1,2 \times$ hauteur totale de l'éolienne.

Pour chaque période (diurne et nocturne), le bruit résiduel en limite de périmètre de contrôle est estimé grâce à des extrapolations faites à partir des niveaux mesurés aux différents points d'écoute. Grâce aux données fournies par le constructeur, le bruit particulier émis par les éoliennes est connu dans ce périmètre, il est alors possible de calculer le bruit ambiant attendu une fois les éoliennes construites et de le comparer au seuil réglementaire.

Dans cette étude, avec les NORDEX N131, le périmètre de contrôle se situe à **239,4** mètres. Les résultats pour le modèle d'éolienne NORDEX N131 sont les suivants :

Période	Direction de la provenance du vent	Bruit résiduel estimé [dB(A)]	Bruit particulier des éoliennes [dB(A)]	Bruit ambiant attendu [dB(A)]	Seuil réglementaire [dB(A)]
Diurne	225°	49,5	45,0	50,9	70,0
Nocturne	225°	47,2	45,0	49,4	60,0
Diurne	45°	47,7	45,0	49,7	70,0
Nocturne	45°	39,7	45,0	46,4	60,0

L'analyse des impacts est conforme avec les seuils limites fixés par l'arrêté du 26 août 2011 pour le modèle d'éolienne envisagé.



5.4 Tonalités marquées

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveaux entre la bande de tiers d'octave et les quatre bandes de tiers d'octave les plus proches (immédiatement inférieures et immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau suivant.

Fréquences	63 à 315 Hz	400 à 1250 Hz	1600 à 6300 Hz
Différences de niveau	10 dB	5 dB	5 dB

L'installation ne doit pas être à l'origine de tonalités marquées plus de 30% de son temps de fonctionnement. Les puissances sonores par bandes de tiers d'octave (en dB) fournies par le constructeur font l'objet d'une recherche de tonalités marquées.

Les graphiques suivants présentent les spectres sonores en tiers d'octave de chacune des machines utilisées dans l'étude :

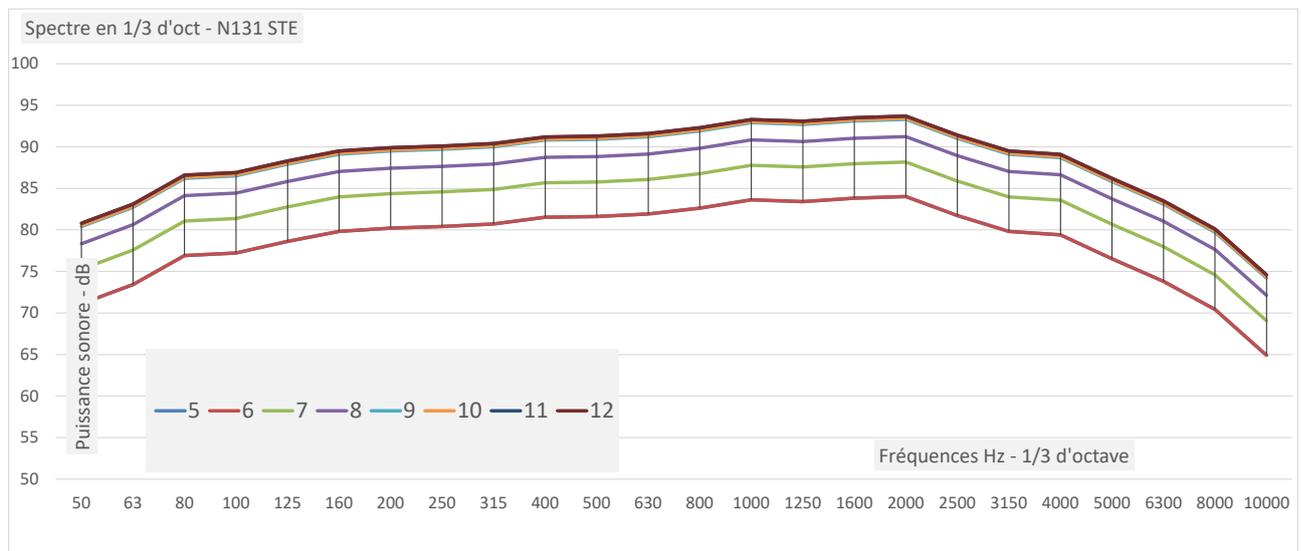


Figure 22 : Spectres sonores de la N131_3.6MW

Il n'y a pas de fréquence présentant de tonalité marquée. L'analyse des tonalités marquées est conforme avec les seuils limites fixés par l'arrêté du 26 août 2011 pour le modèle d'éolienne envisagé.



5.5. Impacts cumulés des projets éoliens

L'analyse des effets cumulés est menée suivant la prescription du guide relatif à l'élaboration des études d'impacts des projets de parcs éoliens terrestres (octobre 2020), au Paragraphe 7.6 :

- Cas d'une modification d'un parc existant par le même exploitant (construit ou non) consistant à modifier une éolienne ou à ajouter une éolienne (extension de parc existant) : l'impact global du parc ainsi modifié doit être pris en compte (éoliennes déjà autorisées et nouvelles éoliennes) ;
- Cas d'un nouveau projet indépendant des autres projets connus avec des exploitants différents : pour les calculs d'émergence, le bruit résiduel correspond au bruit mesuré avec les autres parcs en fonctionnement (les autres parcs sont considérés en fonctionnement dans l'analyse des effets cumulés au même titre que les autres ICPE).

Dans le cas de notre dossier, il ne s'agit pas d'une extension ou d'une modification. Il n'y a pas de parc éolien en exploitation à proximité de la zone du projet.

Par ailleurs, le pétitionnaire n'a pas de lien avec les projets voisins en instruction ou refusés (cf Figure 20). Il n'y a donc pas de situation d'impact cumulé à étudier. Cette analyse est conforme à la discussion de pré-cadrage avec les services de la DREAL BFC effectuée le 17 juin 2021.

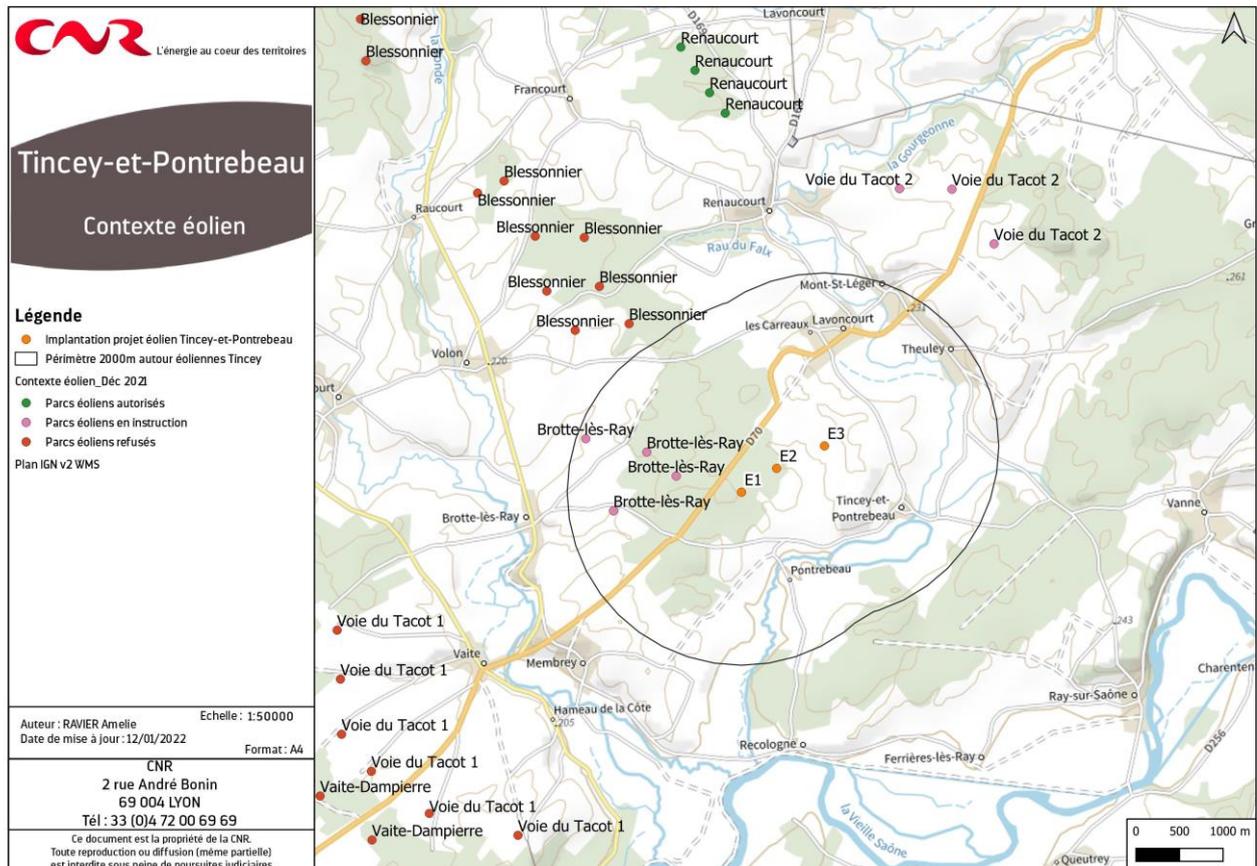


Figure 23 : Contexte éolien [1 : 50 000]



6. Conclusions

6.1 Résultats de l'étude d'impact acoustique

Suivant les mesures sur site, ainsi que les outils et hypothèses prises en compte pour le dossier, les différents aspects comportant des limites fixées par l'arrêté du 26 août 2011, modifié par les arrêtés du 22 juin 2020 et du 10 décembre 2021, présentent les résultats suivants :

- Les émergences sonores sont respectées la journée. Le fonctionnement des machines est en mode normal pour les secteurs sud-ouest et secteur nord-est.
- Les émergences sonores sont respectées la nuit. Le fonctionnement est réduit pour les deux directions avec pour chacune un plan de gestion acoustique dédié. ;
- Les seuils maximums en limite de périmètre de contrôle sont respectés, pour la période diurne et pour la période nocturne, pour les deux directions étudiées ;
- Les éoliennes ne présentent pas de tonalités marquées ;
- Il n'y a pas de situations d'impacts cumulés pour le domaine de l'acoustique.

Ainsi, compte tenu de ces résultats, l'étude des impacts acoustiques montre un projet capable de respecter les émergences réglementaires qui lui seront fixées.

En tout état de cause, la centrale éolienne respectera la réglementation acoustique en vigueur. Les modes de fonctionnement optimisés proposés par les fabricants permettent de disposer des moyens techniques pour y parvenir sans aucune difficulté. Ces modes évoluent régulièrement et sont de plus en plus performants.

6.2 Accompagnement à la préparation du constat sonore

Après mise en service une mesure de constat sonore est obligatoire. Elle doit être menée dans les 12 mois après la mise en service industrielle (sauf cas particuliers).

Ces mesures seront menées suivant le protocole de mesure acoustique des parcs éoliens terrestres reconnu par le ministre chargé des installations classées.

Le protocole reconnu est consultable sur le site <https://www.ecologie.gouv.fr/>.

Conditions de contrôle : En présence d'une plainte (administrative ou judiciaire) le contrôle doit être mené dans les conditions décrites par le plaignant. Il conviendra d'interroger les instances ad hoc afin de définir lors de l'organisation du contrôle si tel est le cas.

En l'absence de plainte, le contrôle est mené dans les vents dominants, dans leur saison d'occurrence principale. Ces conditions doivent être argumentées par l'exploitant à partir des documents techniques décrivant le site.

À partir de l'étude menée, nous considérons que l'ensemble des 6 positions définies dans ce rapport peuvent être reprises.



Annexes

Annexe 1 - Bibliographie

Gestion des projets éoliens :

- « Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parc éoliens » - Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie - Parution 2016 ;
- IEC 61400-11 Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques;
- Bruit en milieu de travail - Notions de base - Cchsst canada ;
- Norme NF-S 31.010, décembre 2008 : Relative à la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement. Instruction de plaintes contre le bruit dans une zone habitée ;
- Projet de norme prNF31-114 : Relatif à la méthode de mesurage et d'analyse des niveaux de bruit dans l'environnement d'un parc éolien.
- Protocole de mesure ministériel – 22/03/2022.

Annexe 2 - Lexique

Afin de préciser quelque peu la signification des termes utilisés dans le rapport de mesures, en voici les principales définitions :

Expression du niveau sonore, L_p :

On exprime un niveau sonore (L_p) en décibel (dB). Il se caractérise par le rapport logarithmique entre la pression acoustique P et une pression acoustique de référence P_0 ($2 \cdot 10^{-5}$ Pascals), sa valeur est égale à :

$$L_p = 20 * LOG \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

Lorsque l'on désire caractériser un bruit par un seul nombre dans lequel toutes les fréquences perçues par l'oreille sont présentes, on peut appliquer dans les calculs une correction appelée pondération A. Cette pondération correspond à la sensibilité de l'oreille aux différentes fréquences. Toutes les fréquences composant le niveau de bruit global sont alors évaluées sensiblement de la même manière qu'elles le seraient par l'oreille humaine.

Puissance acoustique :

La puissance acoustique représente l'énergie émise par un équipement. Elle s'exprime indépendamment des conditions extérieures. La perception de cette puissance acoustique en un point donné (récepteur) est appelée pression acoustique.



Pression acoustique :

La pression acoustique est la grandeur mesurée par le microphone. Elle correspond à la perception de la puissance acoustique émise par une source de bruit à un emplacement précis. La pression acoustique dépend de la distance entre la source et le récepteur, mais aussi de tous les paramètres entrant en compte dans la propagation ou l'absorption des sons.

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 sonores proches et 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.

Ce peut être, par exemple, un bruit dont la production ou la transmission est inhabituelle dans une zone résidentielle ou un bruit émis ou transmis dans une pièce d'habitation du fait du non-respect des règles de l'art de la construction ou des règles de bon usage des lieux d'habitation.

Bruit résiduel :

Bruit ambiant, en l'absence du (des) bruit(s) particulier(s), objet(s) de la requête considérée. Ce peut être, par exemple, dans un logement, l'ensemble des bruits habituels provenant de l'extérieur et des bruits intérieurs correspondant à l'usage normal des locaux et équipements.

Bruit stable :

Bruit dont les fluctuations de niveaux sont négligeables au cours de l'intervalle de mesurage. Cette condition est satisfaite si l'écart total de lecture d'un sonomètre se situe à l'intérieur d'un intervalle de 5 dB.

Bruit fluctuant :

Bruit dont le niveau varie, de façon continue, dans un intervalle notable au cours de l'intervalle de mesurage.

Emergence :

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.

Description de l'ambiance sonore initiale :

Ci-après l'échelle de description de l'ambiance sonore d'un état initial lié au cadre d'un dossier éolien.

Niveaux sonores - dB(A)		Description
<35		calme
35	50	modéré
50	60	fort
>60		très fort



Addition des niveaux sonores :

Les niveaux sonores s'additionnent de manière logarithmiques (symbole : \oplus).

Addition des niveaux en décibels				
30	\oplus	30	=	33,0
30		29		32,5
30		28		32,1
30		25		31,2
30		20		30,4
30		14		30,1

Annexe 3 – Coordonnées géographiques et caractéristiques techniques

Coordonnées des éoliennes du projet :

Coordonnées Lambert 93		
Eolienne	X	Y
E1	907953	6726798
E2	908356	6727074
E3	908905	6727334

Annexe 4 - Détails des calculs

Bruits particuliers : Il s'agit des bruits émis par les éoliennes du projet obtenus lors des calculs, pour chaque point d'écoute.

Période Diurne et nocturne en fonctionnement normal :

225°

Position d'étude	Bruits particuliers calculés - période DIURNE & NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	24,0	25,2	30,0	32,9	34,5	34,6	34,8	34,9	34,9	34,9	34,9
Theuley_M	17,4	18,6	23,4	26,3	27,9	28,0	28,2	28,3	28,3	28,3	28,3
Rue des Pierres Blanches_M	23,6	24,8	29,6	32,5	34,1	34,2	34,4	34,5	34,5	34,5	34,5
Grande Rue_M	21,6	22,8	27,6	30,5	32,1	32,2	32,4	32,5	32,5	32,4	32,4
Le Moulin_M	20,6	21,8	26,5	29,4	31,0	31,1	31,3	31,4	31,4	31,4	31,4
Pontrebeau_M	17,9	19,1	23,9	26,5	28,1	28,2	28,4	28,5	28,5	28,5	28,5
Membrey	6,2	7,4	12,2	15,1	16,7	16,8	17,0	17,1	17,1	17,1	17,1
Brotte-lès-Ray	7,9	8,1	12,9	15,8	17,4	17,5	17,7	17,8	17,8	17,8	17,8

45°

Position d'étude	Bruits particuliers calculés - période DIURNE & NOCTURNE - dB(A)										
	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s	11m/s	12m/s	13m/s	14m/s	15m/s
Lavencourt_M	17,2	18,4	22,7	25,6	27,2	27,3	27,5	27,6	27,6	27,6	27,6
Theuley_M	10,2	11,4	16,2	19,1	20,7	20,8	21,0	21,1	21,1	21,1	21,1
Rue des Pierres Blanches_M	17,1	18,3	23,0	25,7	27,3	27,4	27,6	27,7	27,7	27,7	27,7
Grande Rue_M	21,2	22,4	27,2	30,1	31,7	31,7	31,9	32,0	32,0	32,0	32,0
Le Moulin_M	22,9	24,1	28,9	31,8	33,4	33,5	33,7	33,8	33,8	33,8	33,8
Pontrebeau_M	24,6	25,8	30,6	33,5	35,1	35,2	35,4	35,5	35,5	35,5	35,5
Membrey	13,2	14,4	19,2	22,1	23,7	23,8	24,0	24,1	24,1	24,1	24,1
Brotte-lès-Ray	14,0	15,2	20,0	22,9	24,5	24,6	24,8	24,9	24,9	24,9	24,9



Annexe 5 - Matériel de mesure

Identification				Caractéristiques essentielles						
N°	Marque	Type sonomètre	N° sonomètre	Filtres	Audio	Øbonnette cm	Type préam	N° préamp	Type microphc	N° microphc
16	SVANTEK	SVAN 977	36157	1/1	non	12	SV12L	40624	7052E	69444
18	SVANTEK	SVAN 977	36410	1/3	oui	12	SV12L	41568	7052E	56744
20	SVANTEK	SVAN 977	36415	1/1	non	12	SV12L	41563	7052E	56729
23	SVANTEK	SVAN 977	45371	1/3	non	12	SV12L	47598	7052E	61149
26	SVANTEK	SVAN 979	45233	1/3	oui	12	SV17	65540	40AE	215797
36	ACOEM	CUBE	12242	1/3	oui	7	PRE22	2004283	40CD	367375

Annexe 6 - Ambiance sonore dans l'environnement

Les niveaux sonores lorsqu'ils sont mesurés à l'extérieur sont composés d'un ensemble variable de sources sonores.

- L'activité animale aura tendance à varier en fonction des saisons et des périodes de la journée et des régions.
- L'activité naturelle est principalement liée à la présence de vent. Le vent crée du bruit lorsqu'il s'écoule dans les obstacles et lorsqu'il met en mouvement des éléments rencontrés sur son passage.
- L'activité humaine aura tendance à varier en fonction des lieux, des saisons et des périodes de la journée. La circulation peut ainsi être continue sur un axe majeur avec fort passage mais elle sera plus généralement discontinue et plus marquée sur des horaires correspondant à des déplacements du type domicile vers lieu de travail par exemple.



Figure 24 : Origines des bruits dans l'environnement

Le bruit dans l'environnement dépend d'un ensemble de facteurs qui ne vont pas tous évoluer de la même manière pour un même lieu, une même saison. Ainsi, il est trop restrictif de concevoir le niveau sonore dans l'environnement comme strictement lié à un élément de la composition de l'environnement de la zone de mesure.

La saisonnalité comporte ainsi un grand nombre de variable, jusque l'exposition des personnes, qui varie elle aussi en fonction de l'année et des conditions météo.

Par exemple la présence ou non d'un feuillage impact la situation sonore mais le type de vent varie aussi selon les saisons et produit également des variations qui sont indépendantes.



L'ambiance sonore est constituée principalement des bruits et interactions créées dans un rayon de 10 à 40 mètres autour du point de mesure. Viennent ensuite s'additionner selon leurs niveaux les autres bruits : ceux lointains portés par le vent, ou bien ceux liés à des obstacles hors des 40 mètres. Cependant leur contribution pour être significative doit être importante.

L'analyse qui est faite des mesures va rejeter **50%** des bruits atteints ou dépassés pendant l'intervalle de mesure. Ce choix va tenter notamment de lisser les écarts éventuels pouvant intervenir entre les saisons, entre des comportements météorologiques différents ou des activités humaines sur site.

