

IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Bureau d'études environnement
Pôle Aménagement
du territoire

Objet du dossier :
Projet d'implantation
Parc éolien de
BEAULIEU
Commune de
BEAULIEU (36)

Tél. : 02.41.72.14.16 - Fax : 02.41.72.14.18
E-mail : contact@impact-environnement.fr
Site internet : www.impact-environnement.fr
Adresse : 2 rue Amédéo Avogadro
49070 Beaucouzé



PIECE N° 4.4 : ETUDE ACOUSTIQUE

- JUIN 2016 -

Version incluant les compléments pour
recevabilité (Septembre 2017)

*Rubrique des activités soumises à autorisation au titre de la
nomenclature des installations classées pour la protection de
l'environnement :*
2980

Mandataire

Contact



Sylvain MAURER
INERSYS

ZA des Métairies - Nivillac
56130 LA ROCHE-BERNARD
Tél. : 02.99.90.87.07





ECHO Acoustique – Siège social

2 rue Mathieu de Bourbon
42160 ANDREZIEUX-BOUTHEON
Tel : 04 77 61 93 32
FAX : 09 72 26 42 70
e-mail : contact@echo-acoustique.com

ECHO Acoustique – Agence Ain-Rhone

22 rue Saint-Roch
01000 BOURG-EN-BRESSE
Tel : 04 74 04 24 33
FAX : 09 72 26 42 70
e-mail : contact@echo-acoustique.com

RAPPORT D'ETUDE ACOUSTIQUE

Projet de parc éolien de BEAULIEU (36)
Etude d'impact acoustique

Andrézieux-Bouthéon, le 21 juillet 2017

Rapport d'étude technique établi pour le compte de :



IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Impact et Environnement

2 rue Avogadro
49070 BEAUCOUZE

Rapport d'étude relatif à la commande n° CO1603-20269

Contact Impact et Environnement :

M. Camille JEANNEAU

Tél. 02.41.72.14.16

Email : camille.jeanneau@impact-environnement.fr

Contact ECHO Acoustique :

M. Guillaume FILIPPI

Tél. 06.98.27.83.56

Email : guillaume.filippi@echo-acoustique.com

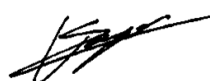
Identification du document	RAP_201707_Beaulieu_ImpactAcoustique
Type de document	Rapport d'étude
Client	Impact et Environnement
Référence client	CL12000115
Responsable du contrat	Guillaume FILIPPI

Révision

A – 28/06/2016 – Création du document
 B – 03/04/2017 – Analyse de deux nouveaux modèles d'éoliennes
 C – 13/04/2017 – Modifications suite à la relecture de INERSYS
 D – 21/07/2017 – Modifications suite aux remarques de l'administration et intégration de la variante NORDEX N131 3MW

Rédacteur

C. SARAGOSA



Vérificateur

G. FILIPPI



Destinataires

Camille JEANNEAU
 Sylvain MAURER
 Guillaume FILIPPI
 Cantin SARAGOSA

Société

Impact et Environnement
 INERSYS
 ECHO Acoustique
 ECHO Acoustique



1 SOMMAIRE

1	Sommaire.....	3
2	Introduction	6
3	Engagements d'ECHO Acoustique.....	6
4	Eléments de référence	7
5	Cadre réglementaire et normatif	7
5.1	Textes règlementaires et normes applicables.....	7
5.2	Critères réglementaires et seuils admissibles.....	7
5.2.1	Emergences dans les Zones à Emergence Réglementée (ZER).....	7
5.2.2	Niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit	8
5.2.3	Tonalités marquées.....	8
6	Glossaire.....	9
7	Méthodologie d'étude	10
8	Présentation du projet et de l'aire d'étude	11
8.1	Plan de situation.....	11
8.2	Sources de bruit identifiées	11
9	Détermination des niveaux sonores résiduels	12
9.1	Mesures acoustiques	12
9.1.1	Période de mesure.....	12
9.1.2	Emplacement des points de mesure	13
9.1.3	Mise en œuvre des sonomètres	14
9.2	Mesure des conditions météorologiques	14
9.2.1	Mise en œuvre des stations météorologiques	14
9.2.2	Calcul des vitesses de vent standardisées à 10 m (V_S).....	15
9.2.3	Analyse de la représentativité des conditions météorologiques.....	16
9.3	Classes homogènes étudiées	18
9.4	Analyse des niveaux sonores résiduels.....	18
9.4.1	Traitement des données.....	18
9.4.2	Calcul des indicateurs acoustiques réglementaires	19
9.4.3	Niveaux sonores résiduels	19
9.5	Implantation et type d'éolienne étudiée	20
9.5.1	Implantation des éoliennes.....	20
9.5.2	Types de machines étudiées.....	21
9.6	Modélisation de l'aire d'étude	21
10	Evaluation de l'impact acoustique du projet – Modèle VESTAS V126 3,6MW équipée de pales STE.....	23
10.1	Caractéristiques acoustiques de l'éolienne.....	23
10.2	Calcul du bruit particulier	24
10.3	Emergences globales.....	25
10.3.1	Calcul des émergences prévisionnelles	25
10.3.2	Optimisation du fonctionnement du parc éolien	28
10.3.3	Emergences prévisionnelles après mise en œuvre des plans d'optimisation de fonctionnement du parc éolien.....	29
10.4	Niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit	32
10.5	Tonalités marquées.....	33
10.6	Observations.....	34
11	Evaluation de l'impact acoustique du projet de l'éolienne NORDEX N131 3MW	34

11.1	Caractéristiques acoustiques de l'éolienne.....	34
11.2	Calcul du bruit particulier.....	35
11.3	Emergences globales.....	36
11.3.1	Calcul des émergences prévisionnelles.....	36
11.3.2	Optimisation du fonctionnement du parc éolien.....	39
11.3.3	Emergences prévisionnelles après mise en œuvre des plans d'optimisation de fonctionnement du parc éolien.....	40
11.4	Niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit.....	43
11.5	Tonalités marquées.....	44
	Observations.....	44
12	Prise en considération des incertitudes.....	46
13	Effets cumulés.....	47
14	Conclusion générale de l'étude.....	48

ANNEXES

15	Annexe 1 : Table des tableaux.....	50
16	Annexe 2 : Table des illustrations.....	51
17	Annexe 3 : Notions élémentaires d'acoustique.....	52
17.1	Le niveau de bruit.....	52
17.2	La fréquence.....	52
17.3	Perception auditive.....	53
17.4	Spécificités du bruit généré par les éoliennes.....	54
18	Annexe 4 : Matériel de mesure utilisé.....	55
19	Annexe 5 : Fiches de synthèse des mesures.....	57
19.1	Mesure de bruit au point 1 [Le Beau].....	57
19.1.1	Emplacement des points de mesures.....	57
19.1.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	58
19.1.3	Nuages de points.....	58
19.2	Mesure de bruit au point 2 [Les Landes].....	60
19.2.1	Emplacement des points de mesures.....	60
19.2.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	61
19.2.3	Nuages de points.....	61
19.3	Mesure de bruit au point 3 [Les Loges].....	63
19.3.1	Emplacement des points de mesures.....	63
19.3.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	64
19.3.3	Nuages de points.....	64
19.4	Mesure de bruit au point 4 [Les Chardons].....	66
19.4.1	Emplacement des points de mesures.....	66
19.4.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	67
19.4.3	Nuages de points.....	67
19.5	Mesure de bruit au point 5 [Les Fauzières].....	69
19.5.1	Emplacement des points de mesures.....	69
19.5.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	70
19.5.3	Nuages de points.....	70
19.6	Mesure de bruit au point 6 [Le Point du Jour].....	72
19.6.1	Emplacement des points de mesures.....	72
19.6.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts.....	73

19.6.3	Nuages de points.....	73
20	Annexe 6 : Paramètres de calcul utilisés.....	75
21	Annexe 7 : Cartes du bruit particulier	76
21.1	Fonctionnement en mode standard – V126R117 – 3,6MW - avec pales STE.....	76
21.1.1	Mode standard STE ($V_s = 3\text{m/s}$).....	76
21.1.2	Mode standard STE ($V_s = 4\text{m/s}$).....	77
21.1.3	Mode standard STE ($V_s = 5\text{m/s}$).....	78
21.1.4	Mode standard STE ($V_s = 6\text{m/s}$).....	79
21.1.5	Mode standard STE ($V_s \geq 7\text{m/s}$).....	80
21.2	Fonctionnement en mode standard – N131R114 – 3MW	81
21.2.1	Mode standard ($V_s = 3\text{m/s}$).....	81
21.2.2	Mode standard ($V_s = 4\text{m/s}$).....	82
21.2.3	Mode standard ($V_s = 5\text{m/s}$).....	83
21.2.4	Mode standard ($V_s = 6\text{m/s}$).....	84
21.2.5	Mode standard ($V_s \geq 7\text{m/s}$).....	85

2 INTRODUCTION

La présente mission intervient à la demande de la société **Impact et Environnement** dans le cadre du développement du projet de parc éolien situé sur la commune de BEAULIEU (36). La société **INERSYS** est en charge du développement de ce projet.

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact acoustique du projet de parc éolien et les risques de nuisances sonores potentielles pour le voisinage.

La mission consiste en la réalisation d'une étude d'impact acoustique, selon les phases suivantes:

- ✓ Evaluation des niveaux sonores résiduels (mesures de bruit *in situ*)
- ✓ Modélisation et calcul des niveaux sonores prévisionnels engendrés par le projet de parc éolien
- ✓ Evaluation de l'impact sonore du projet sur le voisinage
- ✓ Si nécessaire, optimisation du fonctionnement du parc éolien

Deux modèles d'éoliennes sont étudiés :

- ✓ Quatre éoliennes de type VESTAS V126 (hauteur de moyeu de 117m) développant chacune une puissance de 3,6MW. Les pales sont équipées de dentelures (Serrated Trailing Edges - STE) afin de réduire les émissions sonores.
- ✓ Quatre éoliennes de type NORDEX N131 (hauteur de moyeu de 114m) développant chacune une puissance de 3MW.

Les paragraphes suivants détaillent l'ensemble de la mission menée par ECHO Acoustique.

3 ENGAGEMENTS D'ECHO ACOUSTIQUE

Depuis sa création, ECHO Acoustique est membre de la Fédération CINOV (ex-CICF) et du Groupement de l'Ingénierie Acoustique (GIAC). En ce sens, ECHO Acoustique s'engage à intervenir avec une indépendance totale (technique, juridique, commerciale et financière) vis-à-vis des diagnostics et solutions préconisées. Toutes les interventions d'ECHO Acoustique sont soumises à des garanties de résultats et sont couvertes par une assurance responsabilité civile professionnelle spécifique.



4 ELEMENTS DE REFERENCE

Les éléments de référence fournis pour la réalisation de la présente étude sont les suivants :

- ✓ Proposition technique et financière N° PTF1309-20230, établie par ECHO Acoustique
- ✓ Coordonnées et altimétrie des éoliennes fournies par **INERSYS**
- ✓ Documentation technique **VESTAS**:
 - « V126-3_6MW mk3 High Torque Third Octaves (Noise optimised) »
 - « 0056-4782_V02 - Performance Specification V126-3.6MW HTq »
 - « V126-3.3-3.45MW_BWC_0058-5121_V00 »
 - « 0056-6303_V04 - Performance Specification V126-3.45MW HTq »
 - « 0053-3712_V05 - Performance Specification V126-3.45MW LTq »
- ✓ Documentation technique **NORDEX**:
 - « F008_246_A13_EN_R00_Nordex_N131-3000 »
 - « F008_246_A14_EN_R00_N131-3000kW_operational-modes_octave »

5 CADRE REGLEMENTAIRE ET NORMATIF

5.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ET NORMES APPLICABLES

La réglementation acoustique applicable aux parcs éoliens a été publiée au Journal Officiel du 27 août 2011. Les exigences en matière de respect des niveaux sonores engendrés par les éoliennes sont fixées par les textes réglementaires et normatifs suivants :

- ✓ **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.
- ✓ **Projet de norme Pr NF S 31-114** (juillet 2011) « Mesurage du bruit des éoliennes ».
- ✓ **Norme NF S 31-010** (décembre 1996) « Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits dans l'environnement – Méthodes particulières de mesurage ».
- ✓ **Norme NF S 31-110** (novembre 2005) « Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement (grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation) ».

5.2 CRITERES REGLEMENTAIRES ET SEUILS ADMISSIBLES

Les niveaux sonores émis par le futur parc éolien doivent respecter les exigences réglementaires suivantes :

5.2.1 EMERGENCES DANS LES ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE (ZER)

Si le niveau de bruit ambiant est supérieur à 35 dB(A), alors l'émergence maximale admissible est de 5 dB(A) en période diurne [7h-22h] et de 3 dB(A) en période nocturne [22h-7h] :

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible en période diurne (7h00 à 22h00)	Emergence admissible en période nocturne (22h00 à 7h00)
Supérieur à 35 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

Tableau 1 : Emergences réglementaires admissibles

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

Durée cumulée d'apparition (T)	Terme correctif en dB(A)
20min < T ≤ 2h	3
2h < T ≤ 4h	2
4h < T ≤ 8h	1
T ≥ 8h	0

Tableau 2 : Termes correctifs applicables en fonction de la durée d'apparition de la source de bruit
Pour la présente étude, la durée de fonctionnement est considérée comme étant supérieure à 8h. En ce sens, aucun terme correctif n'est appliqué.

5.2.2 NIVEAUX SONORES AU PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT

Le niveau de bruit maximal est fixé à 70 dB(A) pour la période diurne et 60 dB(A) pour la période nocturne. Ce niveau de bruit est mesuré en n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2 de l'arrêté du 26 août 2011. 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.

5.2.3 TONALITES MARQUEES

Une tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octaves lorsque la différence de niveau entre une bande de fréquence et les quatre bandes adjacentes atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau ci-après :

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

Tableau 3 : Tonalités marquées – seuils réglementaires admissibles

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

6 GLOSSAIRE

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, $L_{Aeq,T}$

Niveau sonore moyen sur une période « T » considérée.

Zone à émergence réglementée (ZER)

- Intérieur ou parties extérieures (terrasse, etc...) des logements habités ou occupés par des tiers à la date de l'autorisation. Ceci concerne les logements existants et ceux ayant fait l'objet d'une demande de permis de construire déposée avant la mise en service de l'installation.
- les zones constructibles définies par des documents d'urbanismes opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation.

Bruit particulier

Bruit provenant uniquement du parc éolien.

Bruit résiduel

Bruit mesuré sur site en l'absence de fonctionnement du parc éolien.

Bruit ambiant

Bruit total correspondant à la somme du bruit résiduel et du bruit particulier.

Emergence

Différence entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel. L'émergence traduit l'augmentation du niveau sonore liée au fonctionnement du parc éolien.

Classe de vitesse de vent

La classe de vitesse de vent est définie par l'intervalle de largeur de 1 m/s centré sur la valeur entière de la vitesse de vent étudiée. 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.

Classe de direction de vent

La classe de direction de vent est définie par un secteur de +/- 30° autour de la direction centrale (soit un secteur de 60°).

Vitesse de vent standardisée (V_s)

Partant d'une vitesse de vent donnée à hauteur de nacelle, une vitesse de vent standardisée V_s correspond à une vitesse de vent calculée à 10 m de hauteur.

Classe Homogène

La classe homogène est définie par l'opérateur en fonction des facteurs environnementaux ayant une influence sur la variabilité des niveaux sonores (chorus matinal, orientation du vent, saison ...). A l'intérieur d'une classe homogène, la vitesse du vent est la seule variable influente sur les niveaux sonores.

A titre d'exemple, pour étudier l'impact du projet par vent de Nord et vent de Sud de manière distincte, les quatre classes homogènes suivantes peuvent être définies :

Indice fractile $L_{50,10min}$

Correspond au niveau sonore atteint ou dépassé pendant au moins 50% de la durée de l'intervalle considéré (10min)

7 METHODOLOGIE D'ETUDE

La méthodologie suivie pour la réalisation de la présente étude d'impact acoustique est basée sur le respect de l'ensemble des textes réglementaires et des normes de mesurages applicables, ainsi que sur le projet de norme Pr NF S 31-114.

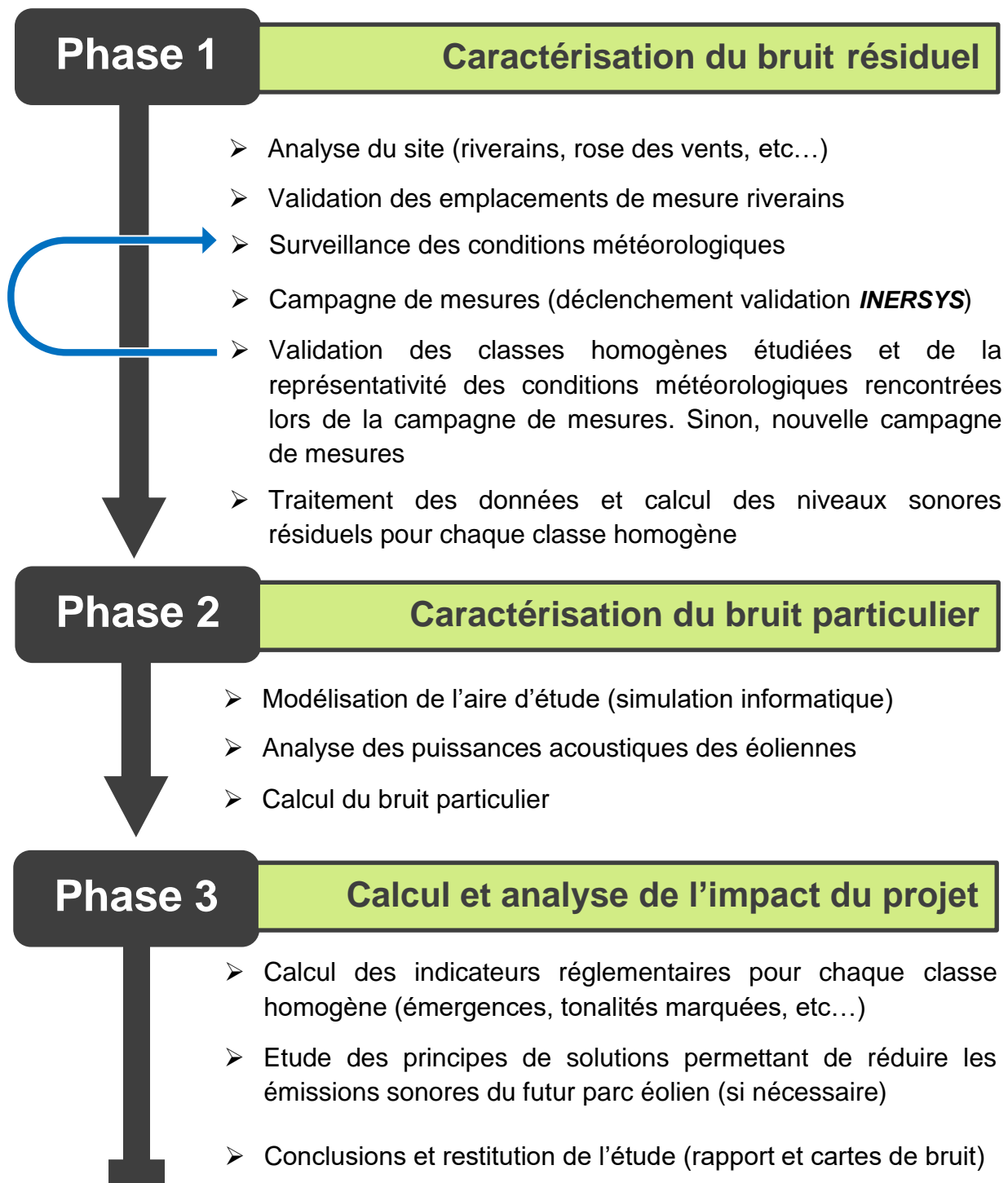


Figure 1 : Méthodologie de l'étude d'impact

8 PRESENTATION DU PROJET ET DE L'AIRE D'ETUDE

8.1 PLAN DE SITUATION

L'aire d'étude est située en milieu rural sur la commune de BEAULIEU, dans le département de l'Indre (36). Elle est principalement composée de terrains agricoles et de zones boisées. Le terrain est légèrement vallonné.

Le plan suivant permet de repérer la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP) du parc éolien et son environnement proche.



Figure 2 : Localisation de l'aire d'étude

8.2 SOURCES DE BRUIT IDENTIFIEES

Les différentes interventions sur site ont permis d'identifier les sources de bruit principales constituant l'ambiance sonore actuelle du site.

Les sources de bruit suivantes sont notamment recensées :

- ✓ Plusieurs infrastructures de transports terrestres se trouvent à proximité du projet. Il s'agit de l'ensemble des routes départementales (D29, D29A, D44, D44A et D23) et des routes de desserte locale.

- ✓ Bruits liés à l'existence d'activités agricoles (agriculture et élevage)
- ✓ Bruits liés à la présence d'animaux sauvages (notamment avifaune)
- ✓ Bruits générés par l'effet du vent sur la végétation, et notamment sur les nombreuses zones boisées présentes sur la zone d'étude
- ✓ Bruits provenant des habitations voisines (animaux domestiques, travaux et entretiens des jardins...)

Le détail des sources de bruit identifiées à proximité de chaque habitation est fourni en annexe 5 du présent rapport.

9 DETERMINATION DES NIVEAUX SONORES RESIDUELS

La détermination des niveaux sonores résiduels (avant implantation des éoliennes) est basée sur la réalisation de mesures de bruit *in situ*, conformément aux méthodes décrites dans le projet de norme Pr NF S 31-114.

9.1 MESURES ACOUSTIQUES

9.1.1 PERIODE DE MESURE

Le choix de la période de mesure est une étape importante de l'étude d'impact acoustique. Les niveaux sonores mesurés dans l'environnement varient constamment, selon de nombreux paramètres parmi lesquels :

- ✓ La présence d'activités humaines (activités agricoles, bruit routier, etc...)
- ✓ La faune (bruit des oiseaux, des insectes, etc...)
- ✓ Le bruit engendré par l'effet du vent sur la végétation
- ✓ La température de l'air et l'humidité relative
- ✓ La présence de pluie
- ✓ La vitesse et la direction du vent
- ✓ Etc...

Afin de prendre en considération les variations de niveaux sonores liées à l'évolution de ces différents paramètres, la durée de mesurage retenue dans le cadre de la présente étude est de **15 jours**.

Par ailleurs, l'effet du vent sur la végétation est l'un des facteurs ayant le plus d'influence sur l'ambiance sonore. Cet effet est notamment amplifié après apparition des feuilles.

A titre informatif, la figure ci-après présente l'évolution de la végétation au cours de l'année.



Figure 3 : Evolution de la végétation au cours de l'année

Dans le cadre de la présente étude, la campagne de mesure de bruit a été réalisée en mars 2016, c'est-à-dire en période de floraison et d'apparition des premières feuilles.


9.1.2 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURE

L'analyse du site, de la ZIP et des roses des vents de long terme ont permis d'identifier les zones riveraines potentiellement les plus exposées au bruit du futur parc éolien.

Le tableau ci-après présente les lieux pour lesquels des mesures de bruit ont été effectuées du 2 mars au 17 mars 2016.

Point	Localisation
R1	Le Beau (Bonneuil)
R2	Les Landes (Chaillac)
R3	Les Loges (Chaillac)
R4	Les Chardons (Beaulieu)
R5	Les Fauzières (Beaulieu)
R6	Le Point du Jour (Joliac)

Tableau 4 : Emplacements étudiés

 Les fiches de synthèse présentant l'ensemble des informations relatives aux points de mesures sont disponibles en annexe 5.

Les points pris en considération dans la présente étude couvrent l'ensemble des habitations potentiellement les plus exposées au bruit généré par l'exploitation du futur parc éolien. D'autres habitations peuvent également être impactées mais dans une moindre mesure (La Minière, Le Bourg, etc...). En respectant les niveaux sonores réglementaires aux 6 emplacements retenus, l'impact du projet de parc éolien sera donc nécessairement conforme à la réglementation pour les habitations plus éloignées.

Le plan suivant permet de localiser les emplacements de mesure :



Figure 4 : Emplacements des points de mesure

9.1.3 MISE EN ŒUVRE DES SONOMETRES

Les mesures de bruit ont été réalisées du 2 au 17 mars 2016. Les emplacements de mesure ont été retenus conformément aux normes Pr NF S 31-114 et NF S 31-010. L'indicateur acoustique $L_{Aeq,1s}$ a été stocké (acquisition et stockage à chaque seconde). L'annexe 4 présente le matériel de mesure utilisé dans le cadre de la présente étude.

9.2 MESURE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Conformément aux normes de mesurage, l'acquisition de la vitesse et de la direction de vent a été effectuée en simultanément des mesures de bruit.

9.2.1 MISE EN ŒUVRE DES STATIONS METEOROLOGIQUES

Pour le présent projet, un mât de mesure des conditions de vent est en exploitation sur site. Les données de vitesses de vent utilisées pour la présente étude sont issues des anémomètres disposés sur ce mât, situés à une hauteur de 101,6m et 60m.

Le tableau ci-après présente les coordonnées de ce mât météorologique. L'emplacement de ce dernier est représenté en figure n°8 du présent rapport :

	Coordonnées (Lambert 93)	Commune
Station météorologique	X : 567625 Y : 6589042	BEAULIEU

Tableau 5 : Coordonnées du mât météorologique

ECHO Acoustique a également mis en œuvre une seconde station météorologique à 1,5m de hauteur. Les données mesurées et exploitées par cette station concernent la pluviométrie et la vitesse du vent à hauteur de microphone.

9.2.2 CALCUL DES VITESSES DE VENT STANDARDISEES A 10 M (Vs)

Conformément aux méthodes décrites dans le projet de norme Pr NF S 31-114, les vitesses de vent mesurées sont traitées en vue de calculer, par pas de 10min, les vitesses de vent standardisées (rapportées à une hauteur de 10m – Vs).

La formule de calcul suivante permet de déterminer Vs pour chaque pas de 10 minutes :

$$V_s = \frac{\ln(H_{ref} / Z_0)}{\ln(H / Z_0)} \cdot \left[V_1 + (V_2 - V_1) \cdot \left(\frac{\ln(H / h_1)}{\ln(h_2 / h_1)} \right) \right]$$

Où

- ✓ V1 est la vitesse du vent moyen pendant chaque intervalle de base de 10 minutes (en m/s) mesurée à hauteur h1 (60m)
- ✓ V2 est la vitesse du vent moyen pendant chaque intervalle de base de 10 minutes (en m/s) mesurée à hauteur h2 (101,6m)
- ✓ Z0 = 0,05m - Longueur de rugosité standardisée
- ✓ Href = 10m - Hauteur standardisée
- ✓ H est la hauteur de nacelle

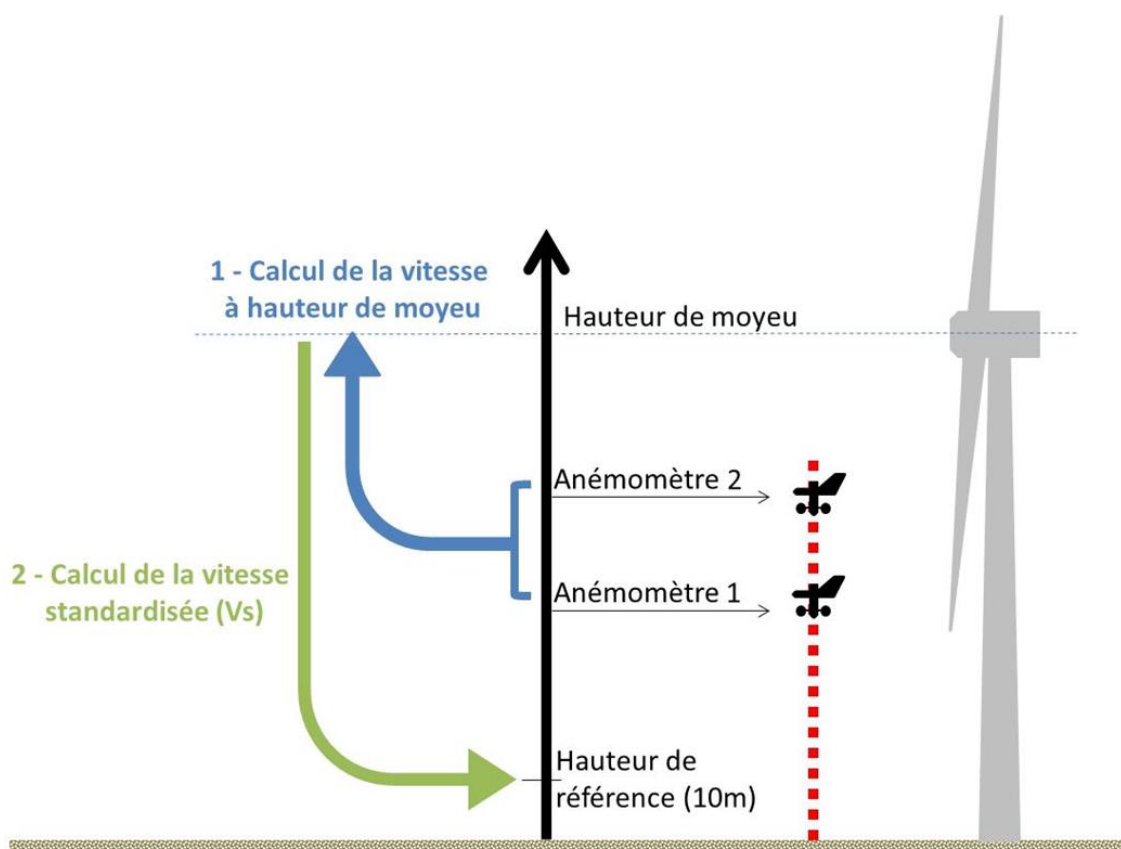


Figure 5 : Schéma de principe du calcul de la vitesse de vent standardisée à 10m (V_s)

Les directions de vent sont supposées indépendantes de la hauteur de mesure. En ce sens, les directions de vent à 98m ont été prises en considération dans la présente étude.

Toutes les vitesses de vent indiquées dans les tableaux suivants sont des vitesses de vent standardisées.

9.2.3 ANALYSE DE LA REPRESENTATIVITE DES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Cette phase de l'étude vise à évaluer la représentativité des conditions de vent rencontrées durant la campagne de mesures de bruit. Elle permet ainsi de déterminer les classes homogènes à étudier. Pour le présent projet, l'analyse est réalisée sur la base des données de long terme fournies par la société **INERSYS**, qui sont issues du mât de mesure en exploitation sur le site depuis 6 mois.

Les roses des vents des conditions de long terme et des conditions rencontrées lors de la campagne de mesure sont présentées ci-après :

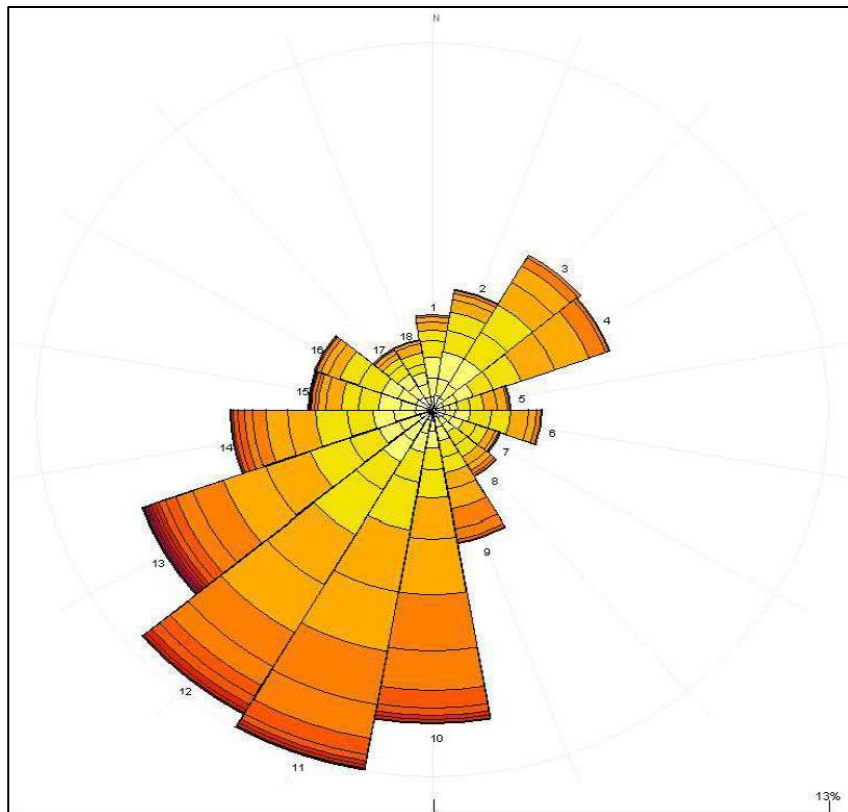


Figure 6 : Rose des vents correspondant de long terme
(occurrences et vitesses)

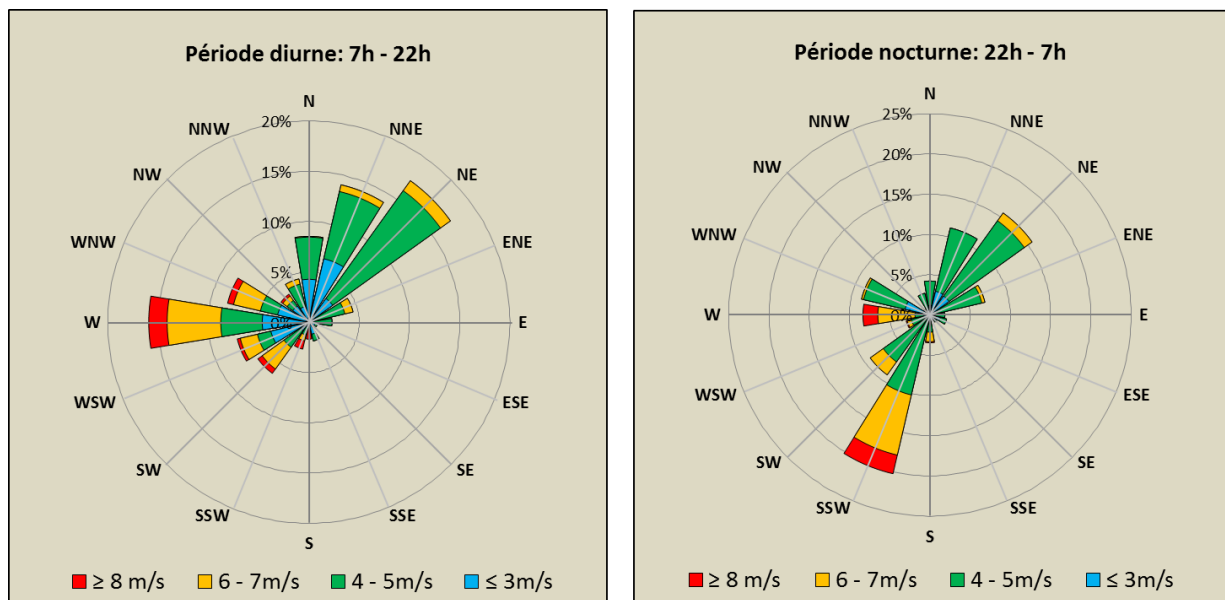


Figure 7 : Roses des vents diurne et nocturne correspondant à la campagne de mesures de bruit
(occurrence et vitesses)

✓ Observations :

L'analyse de la rose des vents établie à partir des données de long terme (figure 6) permet d'identifier un secteur principal de vent : secteur Sud-Ouest. Dans une moindre mesure, le secteur Nord-Est est également un secteur de vents dominants.

Les roses des vents présentant les conditions rencontrées durant la campagne de mesures de bruit (figure 7) mettent également en avant deux secteurs principaux: le secteur Sud/Sud-Ouest et le secteur Nord-Est. A noter également la présence de vents d'Ouest durant la campagne de mesures.

Les conditions principales de vent habituellement rencontrées sur site ont donc été observées durant la campagne de mesures.

9.3 CLASSES HOMOGENES ETUDIEES

Au regard des conditions météorologiques rencontrées durant les mesures, et après analyse des niveaux sonores mesurés, trois classes homogènes sont étudiées.

Le tableau suivant présente les trois classes homogènes étudiées :

	Classe Homogène n°1	Classe Homogène n°2	Classe Homogène n°3
Période	Diurne [7h-22h]	Diurne [7h-22h]	Nocturne [22h-7h]
Secteurs de vent considérés	Provenance Sud-Ouest	Provenance Nord-Est	Toutes Directions
Vitesses de vent considérées (V_s)	3 à ≥ 8 m/s	3 à ≥ 8 m/s	3 à ≥ 8 m/s
Spécificité	Sans pluie	Sans pluie	Sans pluie

Tableau 6 : classes homogènes étudiées

9.4 ANALYSE DES NIVEAUX SONORES RESIDUELS

9.4.1 TRAITEMENT DES DONNEES

Les données acoustiques mesurées ont été traitées en vue d'éliminer les sources de bruit « perturbatrices » et non représentatives de l'ambiance sonore habituelle sur site.

De même, les périodes de pluie sont retirées des calculs en raison de la modification de l'ambiance sonore engendrée.

Pour chaque point de mesure, l'indicateur L_{50} est calculé sur un intervalle de base de 10 minutes à partir des indicateurs $L_{Aeq,1s}$. Ainsi, pour chaque période de 10 minutes, une seule valeur du niveau sonore est utilisée et correspond au niveau atteint ou dépassé pendant au moins 50% de la période. Ce calcul, effectué selon le projet de norme Pr NF S 31-114, permet de réduire l'impact des événements perturbateurs de courtes durées.

9.4.2 CALCUL DES INDICATEURS ACOUSTIQUES REGLEMENTAIRES

L'analyse menée consiste ensuite à corrélérer les données acoustiques aux vitesses de vent. Cette phase se déroule en trois étapes :

✓ Phase 1 – Nuages de points

Les données sont filtrées de sorte à établir des couples de données [vitesse de vent / indicateur de bruit] sur chaque intervalle de 10 minutes. Ces données sont ensuite triées par classe de vitesse de vent. Par exemple, la classe centrée sur la valeur 5 m/s inclut les valeurs strictement supérieures à 4,5 m/s et inférieures ou égales à 5,5 m/s. Un nuage de points est alors établi pour chaque classe homogène. Tous les nuages de points sont présentés en annexe 5.

✓ Phase 2 – Calcul des valeurs médianes

Pour chaque classe de vitesse de vent, la valeur médiane des descripteurs du niveau sonore est calculée. Cette valeur est associée ensuite à la moyenne arithmétique des vitesses de vent contenues dans cette même classe. Pour chaque classe, un nouveau couple de données est alors établi.

✓ Phase 3 – Calcul des indicateurs de bruit pour une vitesse de vent entière

Sur la base des couples de données précédemment déterminés, les niveaux sonores recentrés sur la vitesse de vent entière sont calculés. Pour la présente étude, compte tenu des vitesses de vent rencontrées lors des campagnes de mesures, l'analyse porte sur les vitesses standardisées **allant de 3 à 8m/s et plus**. Pour les configurations dans lesquelles les vitesses n'ont pu être mesurées (nombre d'échantillons inférieur à 10), les niveaux sonores ont été interpolés ou extrapolés selon les cas.

9.4.3 NIVEAUX SONORES RESIDUELS

Les tableaux suivants présentent les niveaux sonores du bruit résiduel, pour chaque classe homogène.

Classe homogène n°1		Bruit résiduel en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	29,8	32,2	34,7	40,5	43,9	48,1
Les Landes	2	32,6	33,3	34,0	40,6	42,4	45,8
Les Loges	3	30,7	32,8	34,9	42,0	46,0	49,4
Les Chardons	4	28,5	30,2	32,0	39,7	40,9	42,2
Les Fauzières	5	28,9	32,0	35,1	38,9	40,5	44,1
Le Point du Jour	6	30,6	32,3	34,0	38,8	40,0	43,5

Tableau 7 : Bruit résiduel – classe homogène 1

Classe homogène n°2		Bruit résiduel en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	31,6	32,8	34,0	39,9	43,3	46,5
Les Landes	2	36,3	36,6	36,8	38,4	40,2	43,6
Les Loges	3	34,4	36,1	38,6	42,4	44,9	46,9
Les Chardons	4	36,0	36,4	36,7	37,0	38,2	39,5
Les Fauzières	5	34,6	36,4	36,7	37,7	39,3	42,3
Le Point du Jour	6	34,4	35,3	35,9	36,4	37,6	40,1

Tableau 8 : Bruit résiduel – classe homogène 2

Classe homogène n°3		Bruit résiduel en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	18,6	20,3	25,8	35,5	41,1	45,4
Les Landes	2	18,7	19,3	21,5	28,8	36,4	38,7
Les Loges	3	23,0	23,0	27,2	37,4	43,4	46,7
Les Chardons	4	21,5	22,0	23,0	28,8	34,4	37,3
Les Fauzières	5	22,1	22,5	23,8	28,6	35,5	39,4
Le Point du Jour	6	19,6	19,7	21,2	27,5	33,6	35,7

Tableau 9 : Bruit résiduel – classe homogène 3

9.5 IMPLANTATION ET TYPE D'ÉOLIENNE ETUDIÉE

9.5.1 IMPLANTATION DES ÉOLIENNES

Le projet de parc éolien de BEAULIEU est composé de quatre éoliennes. Le tableau ci-après présente les emplacements de chacune d'entre elles :

	Coordonnées (Lambert 93)	Commune
E1	X : 567457 Y : 6588677	BEAULIEU
E2	X : 568168 Y : 6588774	BEAULIEU
E3	X : 567681 Y : 6588165	BEAULIEU
E4	X : 568280 Y : 6588365	BEAULIEU

Tableau 10 : Coordonnées des éoliennes

Le plan suivant permet de localiser les emplacements des éoliennes :



Figure 8 : Emplacement des éoliennes

9.5.2 TYPES DE MACHINES ETUDIÉES

Le choix des éoliennes n'étant pas arrêté à ce jour, deux modèles sont étudiés :

- ✓ VESTAS V126 - 3,6MW [Hauteur de moyeu à 117m], équipée de pales STE
- ✓ NORDEX N131 - 3MW [Hauteur de moyeu à 114m]

L'étude doit permettre d'évaluer les risques de nuisances sonores pour chaque modèle de machine.

9.6 MODELISATION DE L'AIRE D'ETUDE

Afin d'évaluer le bruit particulier en provenance du projet de parc éolien de BEAULIEU, l'aire d'étude est modélisée à l'aide du logiciel CadnaA.

La modélisation permet de calculer les niveaux sonores prévisionnels en simulant la présence du futur parc éolien. Les calculs ont été réalisés selon la norme ISO 9613-2 « Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 2 : Méthode générale de calcul ». Concernant l'émission sonore des éoliennes, elle repose sur les données fournies par les constructeurs.

Pour le calcul de la propagation des ondes acoustiques, tous les obstacles ont été modélisés (principalement les bâtiments, les boisements et le relief du terrain) à partir du fichier dwg fourni par la société **INERSYS**, et des observations effectuées lors des visites du site. Le détail des paramètres de calcul est présenté en annexe 6.

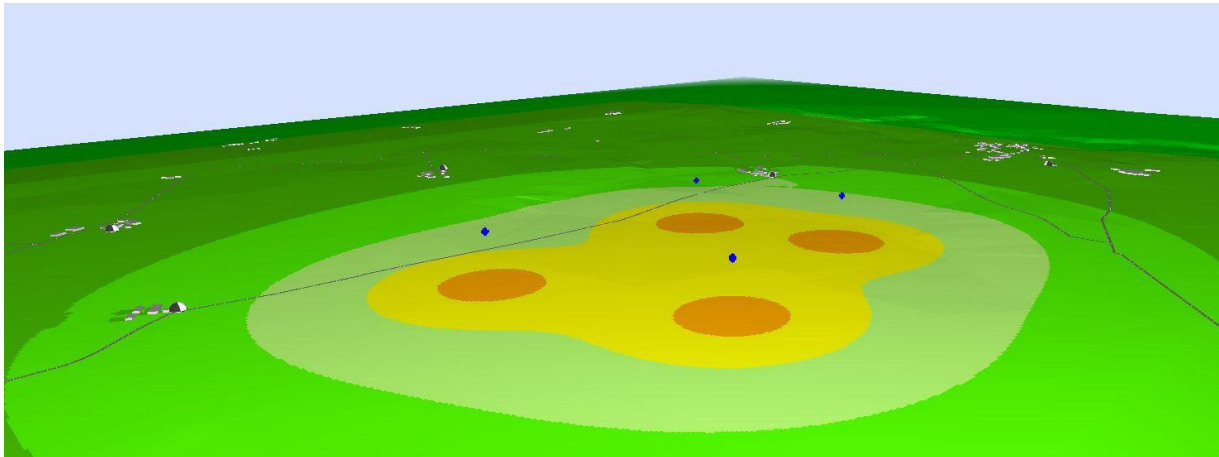


Figure 9 : Vue en 3D du projet modélisé sous CadnaA

📖 Conformément à la norme ISO 9613-2, tous les calculs sont réalisés dans des conditions de propagation par vent portant, indépendamment de la direction du vent (présentant ainsi les résultats de calcul du bruit particulier les plus élevés).

10 EVALUATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET – MODELE VESTAS V126 3,6MW EQUIPEE DE PALES STE

10.1 CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DE L'EOLIENNE

L'étude d'impact acoustique a pour objectif d'évaluer l'impact du projet de parc éolien sur l'environnement dans le cas d'implantation d'éoliennes de type VESTAS V126 – 3,6MW équipées de pales STE, dont la nacelle se situe à 117m de hauteur.

La puissance acoustique des éoliennes varie principalement en fonction de la vitesse de rotation des pales et donc de la vitesse du vent à hauteur de moyeu. Le tableau ci-dessous présente les niveaux de puissance acoustique par vitesse de vent (V_s pour une hauteur standardisée à 10m et V_{HH} à hauteur de moyeu). Ces données sont fournies par la société **VESTAS**.


V_s (en m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{HH} (en m/s)	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,7	13,2	14,6
Mode PO1 3,6MW	92,1	95,5	100,2	104,5	104,9	104,9	104,9	104,9


Tableau 11 : Puissance acoustique en mode PO1 - pales STE (en dB(A))

D'autres modes de fonctionnement sont également proposés par **VESTAS**. Ces modes peuvent être utilisés en vue de réduire les émissions sonores du parc éolien.

V_s (en m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{HH} (en m/s)	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,7	13,2	14,6
Mode SO2	92,3	95,9	99,5	100,4	100,4	100,4	100,4	100,4
Mode SO11	92,0	94,4	95,9	97,4	97,8	97,8	97,8	97,8
Mode SO12	92,1	94,9	97,8	99,5	101,0	102,9	102,9	102,9
Mode LO1	92,1	95,5	100,2	104,2	104,3	104,3	104,3	104,3
Mode LO2	92,1	95,5	100,2	104,1	104,2	104,2	104,2	104,2

Tableau 12 : Modes réduits (en dB(A))

 Les valeurs présentées dans le présent paragraphe sont des valeurs garanties par le constructeur, issues de sa documentation technique.

 Les valeurs présentées dans ces tableaux sont données en niveaux globaux (dB(A)). Pour la réalisation des calculs, les valeurs par bandes de fréquences issues de la documentation du constructeur ont été utilisées.

📖 La documentation acoustique actuellement disponible concerne les modes réduits pour les éoliennes développant une puissance de 3,45MW et non 3,6MW. A la demande de VESTAS, il est considéré dans la présente étude que les caractéristiques acoustiques sont identiques, indépendamment de la puissance développée.

10.2 CALCUL DU BRUIT PARTICULIER

Le calcul du bruit particulier permet d'évaluer les niveaux sonores prévisionnels générés par le projet de parc éolien à chaque point de mesure étudié. Le bruit particulier correspond au seul bruit du futur parc éolien, sans prendre en considération le bruit actuel (bruit résiduel).

Pour le présent projet, il est considéré que la vitesse de vent à hauteur de chaque moyeu est identique. Par conséquent, pour une vitesse de vent donnée, la puissance acoustique des quatre éoliennes est également considérée comme identique.

Le tableau suivant présente les niveaux prévisionnels du bruit particulier.

Bruit particulier en dB(A)							
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	25,7	29,1	33,7	38,1	38,5	38,5
Les Landes	2	17,9	21,3	25,9	30,3	30,7	30,7
Les Loges	3	18,1	21,5	26,1	30,5	30,9	30,9
Les Chardons	4	24,5	27,9	32,5	36,9	37,3	37,3
Les Fauzières	5	16,9	20,3	24,9	29,3	29,7	29,7
Le Point du Jour	6	18,9	22,3	26,9	31,3	31,7	31,7

Tableau 13 : Bruit particulier



📖 Les cartes du bruit particulier sont disponibles en annexe.

10.3 EMERGENCES GLOBALES

10.3.1 CALCUL DES EMERGENCES PREVISIONNELLES

Les tableaux suivants présentent les émergences globales prévisionnelles pour chaque point et chaque classe homogène étudiée.

Légende des tableaux d'Emergences :

- ✓ « Rés » : Bruit résiduel mesuré (résultat arrondi au ½ dB le plus proche, conformément à la norme NF S 31-010)
- ✓ « Par » : Bruit particulier calculé
- ✓ « Amb » : Bruit ambiant = bruit résiduel + bruit particulier (résultat arrondi au ½ dB le plus proche selon la norme NF S 31-010)
- ✓ « E » : Emergence = Bruit ambiant – Bruit résiduel
- ✓ « C » : Conformité
 -  : pas de dépassement des seuils admissibles réglementaires d'émergence ou niveau de bruit ambiant inférieur à 35dB(A).
 -  : dépassement probable des seuils admissibles réglementaires d'émergence.

		Classe homogène n°1																							
		Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	25,7	31,5	Amb ≤35	32,2	29,1	34,0	Amb ≤35	34,7	33,7	37,0	2,5	40,5	38,1	42,5	2,0	43,9	38,5	45,0	1,0	48,1	38,5	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	17,9	32,5	Amb ≤35	33,3	21,3	33,5	Amb ≤35	34,0	25,9	34,5	Amb ≤35	40,6	30,3	41,0	0,5	42,4	30,7	42,5	0,0	45,8	30,7	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	18,1	31,0	Amb ≤35	32,8	21,5	33,0	Amb ≤35	34,9	26,1	35,5	0,5	42,0	30,5	42,5	0,5	46,0	30,9	46,0	0,0	49,4	30,9	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	24,5	30,0	Amb ≤35	30,2	27,9	32,0	Amb ≤35	32,0	32,5	35,5	3,5	39,7	36,9	41,5	2,0	40,9	37,3	42,5	1,5	42,2	37,3	43,5	1,5
Les Fauzières	5	28,9	16,9	29,0	Amb ≤35	32,0	20,3	32,5	Amb ≤35	35,1	24,9	35,5	0,5	38,9	29,3	39,5	0,5	40,5	29,7	41,0	0,5	44,1	29,7	44,5	0,5
Le Point du Jour	6	30,6	18,9	31,0	Amb ≤35	32,3	22,3	32,5	Amb ≤35	34,0	26,9	35,0	Amb ≤35	38,8	31,3	39,5	0,5	40,0	31,7	40,5	0,5	43,5	31,7	44,0	0,5

Tableau 14 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1

		Classe homogène n°2																							
		Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	25,7	31,5	Amb ≤35	32,2	29,1	34,0	Amb ≤35	34,7	33,7	37,0	2,5	40,5	38,1	42,5	2,0	43,9	38,5	45,0	1,0	48,1	38,5	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	17,9	32,5	Amb ≤35	33,3	21,3	33,5	Amb ≤35	34,0	25,9	34,5	Amb ≤35	40,6	30,3	41,0	0,5	42,4	30,7	42,5	0,0	45,8	30,7	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	18,1	31,0	Amb ≤35	32,8	21,5	33,0	Amb ≤35	34,9	26,1	35,5	0,5	42,0	30,5	42,5	0,5	46,0	30,9	46,0	0,0	49,4	30,9	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	24,5	30,0	Amb ≤35	30,2	27,9	32,0	Amb ≤35	32,0	32,5	35,5	3,5	39,7	36,9	41,5	2,0	40,9	37,3	42,5	1,5	42,2	37,3	43,5	1,5
Les Fauzières	5	28,9	16,9	29,0	Amb ≤35	32,0	20,3	32,5	Amb ≤35	35,1	24,9	35,5	0,5	38,9	29,3	39,5	0,5	40,5	29,7	41,0	0,5	44,1	29,7	44,5	0,5
Le Point du Jour	6	30,6	18,9	31,0	Amb ≤35	32,3	22,3	32,5	Amb ≤35	34,0	26,9	35,0	Amb ≤35	38,8	31,3	39,5	0,5	40,0	31,7	40,5	0,5	43,5	31,7	44,0	0,5

Tableau 15 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2

		Classe homogène n°3																							
		Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	18,6	25,7	26,5	Amb ≤35	20,3	29,1	29,5	Amb ≤35	25,8	33,7	34,5	Amb ≤35	35,5	38,1	40,0	4,5	41,1	38,5	43,0	2,0	45,4	38,5	46,0	0,5
Les Landes	2	18,7	17,9	21,5	Amb ≤35	19,3	21,3	23,5	Amb ≤35	21,5	25,9	27,0	Amb ≤35	28,8	30,3	32,5	Amb ≤35	36,4	30,7	37,5	1,0	38,7	30,7	39,5	1,0
Les Loges	3	23,0	18,1	24,0	Amb ≤35	23,0	21,5	25,5	Amb ≤35	27,2	26,1	29,5	Amb ≤35	37,4	30,5	38,0	0,5	43,4	30,9	43,5	0,0	46,7	30,9	47,0	0,5
Les Chardons	4	21,5	24,5	26,5	Amb ≤35	22,0	27,9	29,0	Amb ≤35	23,0	32,5	33,0	Amb ≤35	28,8	36,9	37,5	8,5	34,4	37,3	39,0	4,5	37,3	37,3	40,5	3,0
Les Fauzières	5	22,1	16,9	23,5	Amb ≤35	22,5	20,3	24,5	Amb ≤35	23,8	24,9	27,5	Amb ≤35	28,6	29,3	32,0	Amb ≤35	35,5	29,7	36,5	1,0	39,4	29,7	40,0	0,5
Le Point du Jour	6	19,6	18,9	22,5	Amb ≤35	19,7	22,3	24,0	Amb ≤35	21,2	26,9	28,0	Amb ≤35	27,5	31,3	33,0	Amb ≤35	33,6	31,7	36,0	2,5	35,7	31,7	37,0	1,5

Tableau 16 : émergences prévisionnelles – classe homogène 3

10.3.2 OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT DU PARC EOLIEN

Pour certaines configurations, le calcul des émergences prévisionnelles permet d'identifier un risque de dépassement des seuils réglementaires.

Par conséquent, ECHO Acoustique propose la mise en œuvre de plans de fonctionnement optimisés réduisant l'impact acoustique du parc éolien en vue de respecter les seuils réglementaires.

L'étude de l'optimisation du fonctionnement du projet de parc éolien est réalisée sur la base des éléments suivants :

- ✓ Niveaux sonores résiduels mesurés sur site
- ✓ Emergences globales prévisionnelles calculées
- ✓ Données fournies par **Vestas** concernant les différents modes de bridage des éoliennes
- ✓ L'analyse est menée pour chaque classe de vent selon les critères fixés par l'arrêté du 26 Août 2011
- ✓ L'optimisation du fonctionnement du parc est étudiée uniquement dans les configurations où le bruit ambiant prévisionnel est supérieur à 35 dB(A)
- ✓ L'optimisation du fonctionnement du parc est étudiée en considérant que le futur parc éolien est en activité plus de 8h par jour. En ce sens aucun terme correctif n'est appliqué aux seuils réglementaires de 5 dB(A) en période diurne et 3 dB(A) en période nocturne.
- ✓ L'utilisation de modes réduits des éoliennes est privilégiée par rapport aux arrêts.

Après étude de ces différents paramètres, les plans d'optimisation proposés sont les suivants :

V126R117 3,6MW	Plan d'optimisation		Classe homogène n°1			
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
E1	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E2	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E3	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E4	Mode PO1 STE - 3,6MW					

Tableau 17 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 1




V126R117 3,6MW	Plan d'optimisation		Classe homogène n°2			
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
E1	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E2	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E3	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E4	Mode PO1 STE - 3,6MW					

Tableau 18 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 2

V126R117 3,6MW	Plan d'optimisation			Classe homogène n°3		
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
E1	Mode PO1 STE - 3,6MW			Mode SO12	Mode PO1 STE - 3,6MW	
E2	Mode PO1 STE - 3,6MW			Mode SO12		Mode PO1 STE - 3,6MW
E4	Mode PO1 STE - 3,6MW					
E3	Mode PO1 STE - 3,6MW			Mode SO12		Mode PO1 STE - 3,6MW

Tableau 19 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 3

Avec :


- ✓  Mode = Mode de fonctionnement standard, équipé de pales STE, puissance 3,6MW
- ✓  Mode = Modes de fonctionnements réduits
- ✓  Arrêt = Arrêt de l'éolienne

Il est important de noter que différents plans d'optimisation peuvent être déterminés afin de respecter les exigences réglementaires. Les plans d'optimisation présentés devront être ajustés suite aux résultats de l'étude acoustique de réception qui sera réalisée dans l'année suivant la mise en service du parc éolien.

10.3.3 EMERGENCES PREVISIONNELLES APRES MISE EN ŒUVRE DES PLANS D'OPTIMISATION DE FONCTIONNEMENT DU PARC EOLIEN

Les tableaux suivants présentent les émergences globales prévisionnelles pour chaque point et chaque classe homogène étudiée, après optimisation du fonctionnement du parc éolien.

Légende des tableaux d'Emergences :

- ✓ « Rés » : Bruit résiduel mesuré (résultat arrondi au ½ dB le plus proche, conformément à la norme NF S 31-010)
- ✓ « Par » : Bruit particulier calculé après optimisation du fonctionnement du parc éolien
- ✓ « Amb » : Bruit ambiant = bruit résiduel + bruit particulier (résultat arrondi au ½ dB le plus proche selon la norme NF S 31-010)
- ✓ « E » : Emergence = Bruit ambiant – Bruit résiduel
- ✓ « C » : Conformité
 -  : pas de dépassement des seuils admissibles réglementaires d'émergence, dans la limite des incertitudes considérées

		Classe homogène n°1				Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																			
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	25,7	31,5	Amb ≤35	32,2	29,1	34,0	Amb ≤35	34,7	33,7	37,0	2,5	40,5	38,1	42,5	2,0	43,9	38,5	45,0	1,0	48,1	38,5	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	17,9	32,5	Amb ≤35	33,3	21,3	33,5	Amb ≤35	34,0	25,9	34,5	Amb ≤35	40,6	30,3	41,0	0,5	42,4	30,7	42,5	0,0	45,8	30,7	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	18,1	31,0	Amb ≤35	32,8	21,5	33,0	Amb ≤35	34,9	26,1	35,5	0,5	42,0	30,5	42,5	0,5	46,0	30,9	46,0	0,0	49,4	30,9	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	24,5	30,0	Amb ≤35	30,2	27,9	32,0	Amb ≤35	32,0	32,5	35,5	3,5	39,7	36,9	41,5	2,0	40,9	37,3	42,5	1,5	42,2	37,3	43,5	1,5
Les Fauzières	5	28,9	16,9	29,0	Amb ≤35	32,0	20,3	32,5	Amb ≤35	35,1	24,9	35,5	0,5	38,9	29,3	39,5	0,5	40,5	29,7	41,0	0,5	44,1	29,7	44,5	0,5
Le Point du Jour	6	30,6	18,9	31,0	Amb ≤35	32,3	22,3	32,5	Amb ≤35	34,0	26,9	35,0	Amb ≤35	38,8	31,3	39,5	0,5	40,0	31,7	40,5	0,5	43,5	31,7	44,0	0,5

Tableau 20 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 1

		Classe homogène n°2				Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																			
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	25,7	31,5	Amb ≤35	32,2	29,1	34,0	Amb ≤35	34,7	33,7	37,0	2,5	40,5	38,1	42,5	2,0	43,9	38,5	45,0	1,0	48,1	38,5	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	17,9	32,5	Amb ≤35	33,3	21,3	33,5	Amb ≤35	34,0	25,9	34,5	Amb ≤35	40,6	30,3	41,0	0,5	42,4	30,7	42,5	0,0	45,8	30,7	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	18,1	31,0	Amb ≤35	32,8	21,5	33,0	Amb ≤35	34,9	26,1	35,5	0,5	42,0	30,5	42,5	0,5	46,0	30,9	46,0	0,0	49,4	30,9	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	24,5	30,0	Amb ≤35	30,2	27,9	32,0	Amb ≤35	32,0	32,5	35,5	3,5	39,7	36,9	41,5	2,0	40,9	37,3	42,5	1,5	42,2	37,3	43,5	1,5
Les Fauzières	5	28,9	16,9	29,0	Amb ≤35	32,0	20,3	32,5	Amb ≤35	35,1	24,9	35,5	0,5	38,9	29,3	39,5	0,5	40,5	29,7	41,0	0,5	44,1	29,7	44,5	0,5
Le Point du Jour	6	30,6	18,9	31,0	Amb ≤35	32,3	22,3	32,5	Amb ≤35	34,0	26,9	35,0	Amb ≤35	38,8	31,3	39,5	0,5	40,0	31,7	40,5	0,5	43,5	31,7	44,0	0,5

Tableau 21 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 2

		Classe homogène n°3																							
		Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	18,6	25,7	26,5	Amb ≤35	20,3	29,1	29,5	Amb ≤35	25,8	33,7	34,5	Amb ≤35	35,5	34,0	38,0	2,5	41,1	38,2	43,0	2,0	45,4	38,5	46,0	0,5
Les Landes	2	18,7	17,9	21,5	Amb ≤35	19,3	21,3	23,5	Amb ≤35	21,5	25,9	27,0	Amb ≤35	28,8	26,6	31,0	Amb ≤35	36,4	29,6	37,0	0,5	38,7	30,7	39,5	1,0
Les Loges	3	23,0	18,1	24,0	Amb ≤35	23,0	21,5	25,5	Amb ≤35	27,2	26,1	29,5	Amb ≤35	37,4	26,7	37,5	0,0	43,4	28,5	43,5	0,0	46,7	30,9	47,0	0,5
Les Chardons	4	21,5	24,5	26,5	Amb ≤35	22,0	27,9	29,0	Amb ≤35	23,0	32,5	33,0	Amb ≤35	28,8	32,5	34,0	Amb ≤35	34,4	34,2	37,5	3,0	37,3	37,3	40,5	3,0
Les Fauzières	5	22,1	16,9	23,5	Amb ≤35	22,5	20,3	24,5	Amb ≤35	23,8	24,9	27,5	Amb ≤35	28,6	25,5	30,5	Amb ≤35	35,5	27,2	36,0	0,5	39,4	29,7	40,0	0,5
Le Point du Jour	6	19,6	18,9	22,5	Amb ≤35	19,7	22,3	24,0	Amb ≤35	21,2	26,9	28,0	Amb ≤35	27,5	29,4	31,5	Amb ≤35	33,6	30,6	35,5	2,0	35,7	31,7	37,0	1,5

Tableau 22 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 3

Observations :

Après application des plans d'optimisation, les résultats prévisionnels mettent en avant le respect de l'ensemble des critères d'émergence fixés par la réglementation, de jour comme de nuit. Il apparaît cependant, en période nocturne, que le bruit généré par le futur parc éolien sera nettement perceptible pour certaines habitations, pour les vitesses de vent les plus faibles (3 à 4 m/s).

Les niveaux sonores prévisionnels sont cependant estimés à moins de 35 dB(A), ce qui représente une ambiance sonore très modérée et le bruit des éoliennes ne sera ni source de risque pour la santé, ni perceptible à l'intérieur des habitations lorsque les fenêtres seront fermées. De même, l'analyse statistique des conditions de vent met en évidence que cette configuration de vitesse de vent en période nocturne intervient pour environ 10% du temps, soit une relative faible proportion de la période de fonctionnement.

Enfin, à la mise en service du parc, une étude acoustique de réception sera réalisée. Lors de cette étude, une attention particulière sera portée aux conditions de vent pouvant générer des émergences significatives, malgré le respect des exigences réglementaires.

10.4 NIVEAUX SONORES EN LIMITE DE PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT

L'arrêté du 26 Août 2011, à la section 6 - article 26, fixe les seuils maximum du bruit ambiant à 70 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne. Ces valeurs correspondent à n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2 comme étant le périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R. Dans le cadre du présent projet, ce rayon est calculé comme suit :

$$R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor}) = 1,2 * (117 + (126 / 2)) = \mathbf{216m}$$

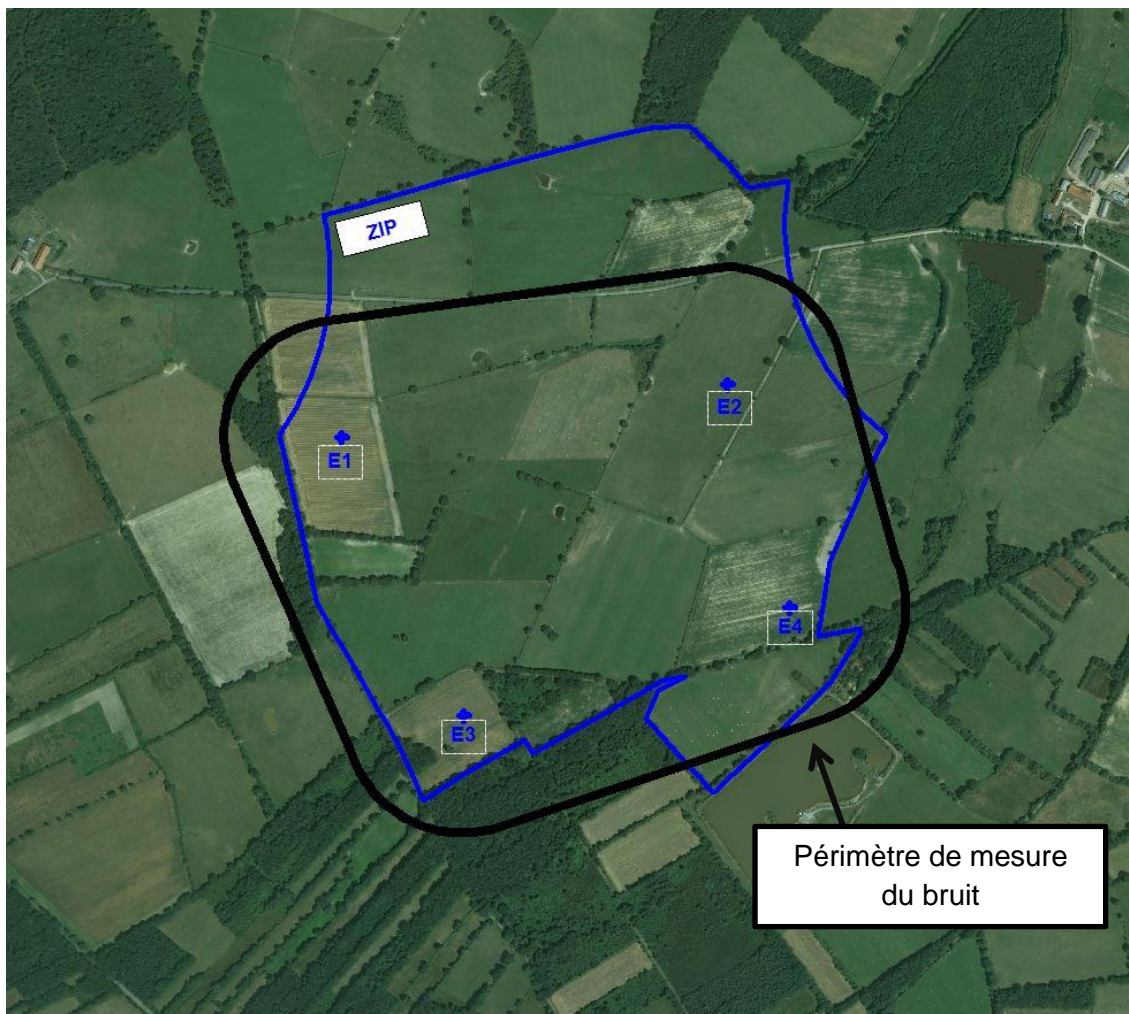


Figure 10 : Périmètre de mesure du bruit

Dans la configuration la plus contraignante ($V_s \geq 8\text{m/s}$), l'étude du bruit particulier met en avant que les niveaux sonores maximum au périmètre de mesure du bruit sont de l'ordre de 47 dB(A).

Par ailleurs, le niveau de bruit résiduel n'étant connu que chez les riverains, la valeur retenue pour le calcul du bruit ambiant au périmètre de mesure du bruit correspond à la valeur du bruit résiduel la plus élevée (tous riverains et toutes classes homogènes confondus) soit 49,4 dB(A) en période diurne et 46,7 dB(A) en période nocturne. De plus, ces valeurs ont été arrondies à la valeur entière supérieure.

Le tableau suivant présente les résultats et la conformité vis-à-vis des niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit. Les valeurs sont exprimées en dB(A).

Période	Br. Résid.	Br. part.	Br. amb.	Limite	Conformité
Diurne	50,0	47,0	52,0	70,0	Oui
Nocturne	47,0	47,0	50,0	60,0	Oui

Tableau 23 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit

10.5 TONALITES MARQUEES

Conformément à la réglementation, le futur parc éolien ne doit pas être à l'origine de tonalités marquées sur une période dépassant 30% de sa durée de fonctionnement.

L'évaluation des tonalités marquées potentielles est effectuée d'après l'analyse des niveaux de puissances acoustiques par bandes de tiers d'octaves mis à disposition par **Vestas**. Le graphique suivant présente la puissance acoustique de l'éolienne V126 par bandes de fréquences, pour les vitesses de vent allant de 3 à 10m/s (vitesse à hauteur de moyeu).

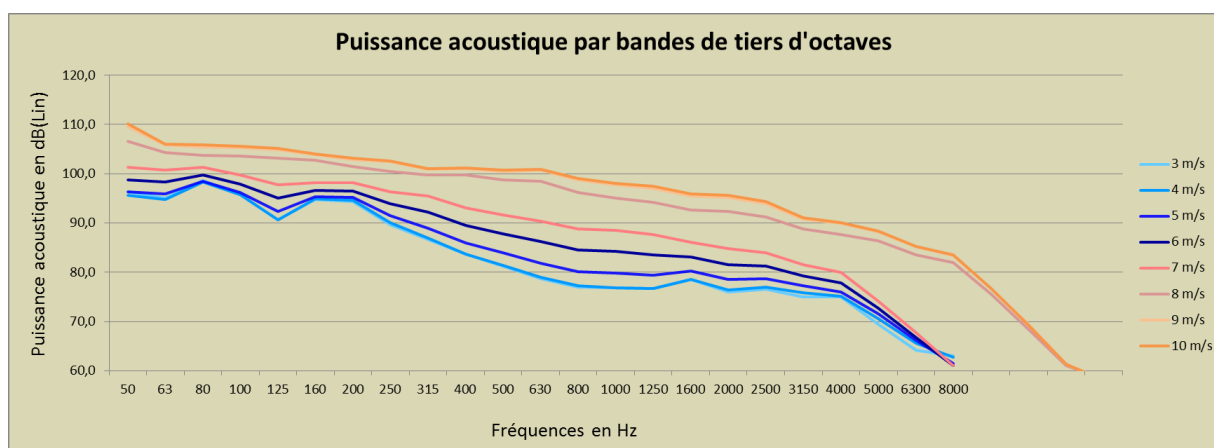


Figure 11 : Puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves

L'analyse du graphique précédent permet de conclure qu'aucune tonalité marquée n'est identifiable. Ce critère est donc conforme aux exigences réglementaires.

10.6 OBSERVATIONS

Les observations suivantes sont formulées concernant l'évaluation de l'impact sonore du projet de parc éolien de BEAULIEU :

✓ Emergences globales

Les émergences prévisionnelles calculées présentent, pour certaines configurations, des risques de non-respect des seuils réglementaires.

Par conséquent, la mise en œuvre de plans d'optimisation de fonctionnement du parc éolien est nécessaire. Les plans d'optimisation présentés précédemment permettent, sur la base des éléments considérés au stade de l'étude d'impact, de respecter les exigences réglementaires. L'étude acoustique réalisée au cours de l'année suivant la mise en service du parc éolien devra permettre d'ajuster ces plans d'optimisation si nécessaire.

✓ Niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit

Les niveaux sonores prévisionnels de bruit ambiant en limite de périmètre de mesure du bruit sont estimés inférieurs à 70 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne. Ce point est conforme aux exigences réglementaires.

✓ Tonalités marquées

L'analyse des données de puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves ne met en évidence aucune tonalité marquée au sens de la réglementation.

11 EVALUATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET DE L'EOLIENNE NORDEX N131 3MW

11.1 CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DE L'EOLIENNE

L'étude d'impact acoustique a pour objectif d'évaluer l'impact du projet de parc éolien sur l'environnement dans le cas d'implantation d'éoliennes de type NORDEX N131 – 3MW.

La puissance acoustique des éoliennes varie principalement en fonction de la vitesse de rotation des pales et donc de la vitesse du vent à hauteur de moyeu. Le tableau ci-dessous présente les niveaux de puissance acoustique par vitesse de vent (V_s pour une hauteur standardisée à 10m et V_{HH} à hauteur de moyeu). Ces données sont fournies par la société **NORDEX**.


V_s (en m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{HH} (en m/s)	4,4	5,8	7,3	8,8	10,2	11,7	13,1	14,6
Mode Std 3MW	95,1	98,4	103,1	104,1	104,5	104,5	104,5	104,5


Tableau 24 : Puissance acoustique en mode standard (en dB(A))

D'autres modes de fonctionnement sont également proposés par **NORDEX**. Ces modes peuvent être utilisés en vue de réduire les émissions sonores du parc éolien.

V _s (en m/s)	3	4	5	6	7	8	9	10
V _{HH} (en m/s)	4,4	5,9	7,3	8,8	10,2	11,7	13,2	14,6
Mode 1	95,1	98,4	102,6	103,6	103,9	104,0	104,0	104,0
Mode 2	95,1	98,4	102,0	103,0	103,4	103,5	103,5	103,5
Mode 3	95,1	98,4	101,6	102,5	102,9	103,0	103,0	103,0
Mode 4	95,1	98,3	101,1	101,9	102,4	102,5	102,5	102,5
Mode 5	95,1	98,3	101,1	100,5	101,3	101,9	102,0	102,0
Mode 6	95,1	97,7	99,0	99,5	100,1	100,5	100,5	100,5
Mode 7	95,1	97,0	98,6	99,0	99,6	100,0	100,0	100,0
Mode 8	95,1	97,7	100,2	102,7	104,4	104,5	104,5	104,5
Mode 9	94,0	95,2	96,6	99,3	104,4	104,5	104,5	104,5

Tableau 25 : Modes réduits (en dB(A))

 Les valeurs présentées dans le présent paragraphe sont des valeurs garanties par le constructeur, issues de sa documentation technique.

 Les valeurs présentées dans ces tableaux sont données en niveaux globaux (dB(A)). Pour la réalisation des calculs, les valeurs par bandes de fréquences issues de la documentation du constructeur ont été utilisées.

11.2 CALCUL DU BRUIT PARTICULIER

Le calcul du bruit particulier permet d'évaluer les niveaux sonores prévisionnels générés par le projet de parc éolien à chaque point de mesure étudié. Le bruit particulier correspond au seul bruit du futur parc éolien, sans prendre en considération le bruit actuel (bruit résiduel).

Pour le présent projet, il est considéré que la vitesse de vent à hauteur de chaque moyeu est identique. Par conséquent, pour une vitesse de vent donnée, la puissance acoustique des quatre éoliennes est également considérée comme identique.

Le tableau suivant présente les niveaux prévisionnels du bruit particulier.

Bruit particulier en dB(A)							
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	28,4	31,7	36,4	37,4	37,8	37,8
Les Landes	2	20,6	23,9	28,6	29,6	30,0	30,0
Les Loges	3	20,8	24,1	28,8	29,8	30,2	30,2
Les Chardons	4	27,1	30,4	35,1	36,1	36,5	36,5
Les Fauzières	5	19,7	23,0	27,7	28,7	29,1	29,1
Le Point du Jour	6	21,7	25,0	29,7	30,7	31,1	31,1

Tableau 26 : Bruit particulier



 Les cartes du bruit particulier sont disponibles en annexe.

11.3 EMERGENCES GLOBALES

11.3.1 CALCUL DES EMERGENCES PREVISIONNELLES

Les tableaux suivants présentent les émergences globales prévisionnelles pour chaque point et chaque classe homogène étudiée.

Légende des tableaux d'Emergences :

- ✓ « Rés » : Bruit résiduel mesuré (résultat arrondi au ½ dB le plus proche, conformément à la norme NF S 31-010)
- ✓ « Par » : Bruit particulier calculé
- ✓ « Amb » : Bruit ambiant = bruit résiduel + bruit particulier (résultat arrondi au ½ dB le plus proche selon la norme NF S 31-010)
- ✓ « E » : Emergence = Bruit ambiant – Bruit résiduel
- ✓ « C » : Conformité
 -  : pas de dépassement des seuils admissibles réglementaires d'émergence ou niveau de bruit ambiant inférieur à 35dB(A).
 -  : dépassement probable des seuils admissibles réglementaires d'émergence.

		Classe homogène n°1																								Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s																											
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E																								
Le Beau	1	29,8	28,4	32,0	Amb ≤35	32,2	31,7	35,0	Amb ≤35	34,7	36,4	38,5	4,0	40,5	37,4	42,5	2,0	43,9	37,8	45,0	1,0	48,1	37,8	48,5	0,5																								
Les Landes	2	32,6	20,6	33,0	Amb ≤35	33,3	23,9	34,0	Amb ≤35	34,0	28,6	35,0	Amb ≤35	40,6	29,6	41,0	0,5	42,4	30,0	42,5	0,0	45,8	30,0	46,0	0,0																								
Les Loges	3	30,7	20,8	31,0	Amb ≤35	32,8	24,1	33,5	Amb ≤35	34,9	28,8	36,0	1,0	42,0	29,8	42,5	0,5	46,0	30,2	46,0	0,0	49,4	30,2	49,5	0,0																								
Les Chardons	4	28,5	27,1	31,0	Amb ≤35	30,2	30,4	33,5	Amb ≤35	32,0	35,1	37,0	5,0	39,7	36,1	41,5	2,0	40,9	36,5	42,0	1,0	42,2	36,5	43,0	1,0																								
Les Fauzières	5	28,9	19,7	29,5	Amb ≤35	32,0	23,0	32,5	Amb ≤35	35,1	27,7	36,0	1,0	38,9	28,7	39,5	0,5	40,5	29,1	41,0	0,5	44,1	29,1	44,0	0,0																								
Le Point du Jour	6	30,6	21,7	31,0	Amb ≤35	32,3	25,0	33,0	Amb ≤35	34,0	29,7	35,5	1,5	38,8	30,7	39,5	0,5	40,0	31,1	40,5	0,5	43,5	31,1	44,0	0,5																								

Tableau 27 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1

		Classe homogène n°2																								Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s																											
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E																								
Le Beau	1	29,8	28,4	32,0	Amb ≤35	32,2	31,7	35,0	Amb ≤35	34,7	36,4	38,5	4,0	40,5	37,4	42,5	2,0	43,9	37,8	45,0	1,0	48,1	37,8	48,5	0,5																								
Les Landes	2	32,6	20,6	33,0	Amb ≤35	33,3	23,9	34,0	Amb ≤35	34,0	28,6	35,0	Amb ≤35	40,6	29,6	41,0	0,5	42,4	30,0	42,5	0,0	45,8	30,0	46,0	0,0																								
Les Loges	3	30,7	20,8	31,0	Amb ≤35	32,8	24,1	33,5	Amb ≤35	34,9	28,8	36,0	1,0	42,0	29,8	42,5	0,5	46,0	30,2	46,0	0,0	49,4	30,2	49,5	0,0																								
Les Chardons	4	28,5	27,1	31,0	Amb ≤35	30,2	30,4	33,5	Amb ≤35	32,0	35,1	37,0	5,0	39,7	36,1	41,5	2,0	40,9	36,5	42,0	1,0	42,2	36,5	43,0	1,0																								
Les Fauzières	5	28,9	19,7	29,5	Amb ≤35	32,0	23,0	32,5	Amb ≤35	35,1	27,7	36,0	1,0	38,9	28,7	39,5	0,5	40,5	29,1	41,0	0,5	44,1	29,1	44,0	0,0																								
Le Point du Jour	6	30,6	21,7	31,0	Amb ≤35	32,3	25,0	33,0	Amb ≤35	34,0	29,7	35,5	1,5	38,8	30,7	39,5	0,5	40,0	31,1	40,5	0,5	43,5	31,1	44,0	0,5																								

Tableau 28 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2

		Classe homogène n°3																							
		Emergences prévisionnelles en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				≥ 8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	18,6	28,4	29,0	Amb ≤35	20,3	31,7	32,0	Amb ≤35	25,8	36,4	37,0	11,0	35,5	37,4	39,5	4,0	41,1	37,8	43,0	2,0	45,4	37,8	46,0	0,5
Les Landes	2	18,7	20,6	23,0	Amb ≤35	19,3	23,9	25,0	Amb ≤35	21,5	28,6	29,5	Amb ≤35	28,8	29,6	32,0	Amb ≤35	36,4	30,0	37,5	1,0	38,7	30,0	39,5	1,0
Les Loges	3	23,0	20,8	25,0	Amb ≤35	23,0	24,1	26,5	Amb ≤35	27,2	28,8	31,0	Amb ≤35	37,4	29,8	38,0	0,5	43,4	30,2	43,5	0,0	46,7	30,2	47,0	0,5
Les Chardons	4	21,5	27,1	28,0	Amb ≤35	22,0	30,4	31,0	Amb ≤35	23,0	35,1	35,5	12,5	28,8	36,1	37,0	8,0	34,4	36,5	38,5	4,0	37,3	36,5	40,0	2,5
Les Fauzières	5	22,1	19,7	24,0	Amb ≤35	22,5	23,0	26,0	Amb ≤35	23,8	27,7	29,0	Amb ≤35	28,6	28,7	31,5	Amb ≤35	35,5	29,1	36,5	1,0	39,4	29,1	40,0	0,5
Le Point du Jour	6	19,6	21,7	24,0	Amb ≤35	19,7	25,0	26,0	Amb ≤35	21,2	29,7	30,5	Amb ≤35	27,5	30,7	32,5	Amb ≤35	33,6	31,1	35,5	2,0	35,7	31,1	37,0	1,5

Tableau 29 : émergences prévisionnelles – classe homogène 3

11.3.2 OPTIMISATION DU FONCTIONNEMENT DU PARC EOLIEN

Pour certaines configurations, le calcul des émergences prévisionnelles permet d'identifier un risque de dépassement des seuils réglementaires.

Par conséquent, ECHO Acoustique propose la mise en œuvre de plans de fonctionnement optimisés réduisant l'impact acoustique du parc éolien en vue de respecter les seuils réglementaires.

L'étude de l'optimisation du fonctionnement du projet de parc éolien est réalisée sur la base des éléments suivants :

- ✓ Niveaux sonores résiduels mesurés sur site
- ✓ Emergences globales prévisionnelles calculées
- ✓ Données fournies par **Nordex** concernant les différents modes de bridage des éoliennes
- ✓ L'analyse est menée pour chaque classe de vent selon les critères fixés par l'arrêté du 26 Août 2011
- ✓ L'optimisation du fonctionnement du parc est étudiée uniquement dans les configurations où le bruit ambiant prévisionnel est supérieur à 35 dB(A)
- ✓ L'optimisation du fonctionnement du parc est étudiée en considérant que le futur parc éolien est en activité plus de 8h par jour. En ce sens aucun terme correctif n'est appliqué aux seuils réglementaires de 5 dB(A) en période diurne et 3 dB(A) en période nocturne.
- ✓ L'utilisation de modes réduits des éoliennes est privilégiée par rapport aux arrêts.

Après étude de ces différents paramètres, les plans d'optimisation proposés sont les suivants :

N131R114 3MW	Plan d'optimisation						Classe homogène n°1					
	3m/s		4m/s		5m/s		6m/s		7m/s		≥ 8m/s	
E1	Mode Std 3MW											
E2	Mode Std 3MW											
E3	Mode Std 3MW											
E4	Mode Std 3MW											

Tableau 30 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 1




N131R114 3MW	Plan d'optimisation						Classe homogène n°2					
	3m/s		4m/s		5m/s		6m/s		7m/s		≥ 8m/s	
E1	Mode Std 3MW											
E2	Mode Std 3MW											
E3	Mode Std 3MW											
E4	Mode Std 3MW											

Tableau 31 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 2

N131R114 3MW	Plan d'optimisation			Classe homogène n°3		
	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	> 8m/s
E1	Mode Std 3MW		mode 8	mode 3	Mode Std 3MW	
E2	Mode Std 3MW			Mode 5	Mode 4	Mode Std 3MW
E3	Mode Std 3MW					
E4	Mode Std 3MW			Mode 8	Mode 3	Mode Std 3MW

Tableau 32 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 3

Avec :


- ✓  Mode = Mode de fonctionnement standard, puissance 3MW
- ✓  Mode = Modes de fonctionnements réduits
- ✓  Arrêt = Arrêt de l'éolienne

Il est important de noter que différents plans d'optimisation peuvent être déterminés afin de respecter les exigences réglementaires. Les plans d'optimisation présentés devront être ajustés suite aux résultats de l'étude acoustique de réception qui sera réalisée dans l'année suivant la mise en service du parc éolien.

11.3.3 EMERGENCES PREVISIONNELLES APRES MISE EN ŒUVRE DES PLANS D'OPTIMISATION DE FONCTIONNEMENT DU PARC EOLIEN

Les tableaux suivants présentent les émergences globales prévisionnelles pour chaque point et chaque classe homogène étudiée, après optimisation du fonctionnement du parc éolien.

Légende des tableaux d'Emergences :

- ✓ « Rés » : Bruit résiduel mesuré (résultat arrondi au ½ dB le plus proche, conformément à la norme NF S 31-010)
- ✓ « Par » : Bruit particulier calculé après optimisation du fonctionnement du parc éolien
- ✓ « Amb » : Bruit ambiant = bruit résiduel + bruit particulier (résultat arrondi au ½ dB le plus proche selon la norme NF S 31-010)
- ✓ « E » : Emergence = Bruit ambiant – Bruit résiduel
- ✓ « C » : Conformité
 -  : pas de dépassement des seuils admissibles réglementaires d'émergence, dans la limite des incertitudes considérées

		Classe homogène n°1				Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																			
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	28,4	32,0	Amb ≤35	32,2	31,7	35,0	Amb ≤35	34,7	36,4	38,5	4,0	40,5	37,4	42,5	2,0	43,9	37,8	45,0	1,0	48,1	37,8	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	20,6	33,0	Amb ≤35	33,3	23,9	34,0	Amb ≤35	34,0	28,6	35,0	Amb ≤35	40,6	29,6	41,0	0,5	42,4	30,0	42,5	0,0	45,8	30,0	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	20,8	31,0	Amb ≤35	32,8	24,1	33,5	Amb ≤35	34,9	28,8	36,0	1,0	42,0	29,8	42,5	0,5	46,0	30,2	46,0	0,0	49,4	30,2	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	27,1	31,0	Amb ≤35	30,2	30,4	33,5	Amb ≤35	32,0	35,1	37,0	5,0	39,7	36,1	41,5	2,0	40,9	36,5	42,0	1,0	42,2	36,5	43,0	1,0
Les Fauzières	5	28,9	19,7	29,5	Amb ≤35	32,0	23,0	32,5	Amb ≤35	35,1	27,7	36,0	1,0	38,9	28,7	39,5	0,5	40,5	29,1	41,0	0,5	44,1	29,1	44,0	0,0
Le Point du Jour	6	30,6	21,7	31,0	Amb ≤35	32,3	25,0	33,0	Amb ≤35	34,0	29,7	35,5	1,5	38,8	30,7	39,5	0,5	40,0	31,1	40,5	0,5	43,5	31,1	44,0	0,5

Tableau 33 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 1

		Classe homogène n°2				Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																			
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	29,8	28,4	32,0	Amb ≤35	32,2	31,7	35,0	Amb ≤35	34,7	36,4	38,5	4,0	40,5	37,4	42,5	2,0	43,9	37,8	45,0	1,0	48,1	37,8	48,5	0,5
Les Landes	2	32,6	20,6	33,0	Amb ≤35	33,3	23,9	34,0	Amb ≤35	34,0	28,6	35,0	Amb ≤35	40,6	29,6	41,0	0,5	42,4	30,0	42,5	0,0	45,8	30,0	46,0	0,0
Les Loges	3	30,7	20,8	31,0	Amb ≤35	32,8	24,1	33,5	Amb ≤35	34,9	28,8	36,0	1,0	42,0	29,8	42,5	0,5	46,0	30,2	46,0	0,0	49,4	30,2	49,5	0,0
Les Chardons	4	28,5	27,1	31,0	Amb ≤35	30,2	30,4	33,5	Amb ≤35	32,0	35,1	37,0	5,0	39,7	36,1	41,5	2,0	40,9	36,5	42,0	1,0	42,2	36,5	43,0	1,0
Les Fauzières	5	28,9	19,7	29,5	Amb ≤35	32,0	23,0	32,5	Amb ≤35	35,1	27,7	36,0	1,0	38,9	28,7	39,5	0,5	40,5	29,1	41,0	0,5	44,1	29,1	44,0	0,0
Le Point du Jour	6	30,6	21,7	31,0	Amb ≤35	32,3	25,0	33,0	Amb ≤35	34,0	29,7	35,5	1,5	38,8	30,7	39,5	0,5	40,0	31,1	40,5	0,5	43,5	31,1	44,0	0,5

Tableau 34 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 2

		Classe homogène n°3																							
		Emergences prévisionnelles après bridage en dB(A)																							
Emplacement	N°	3 m/s				4 m/s				5 m/s				6 m/s				7 m/s				8 m/s			
		Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E	Rés	Par	Amb	E
Le Beau	1	18,6	28,4	29,0	Amb ≤35	20,3	31,7	32,0	Amb ≤35	25,8	34,3	35,0	Amb ≤35	35,5	35,9	38,5	3,0	41,1	37,7	42,5	1,5	45,4	37,8	46,0	0,5
Les Landes	2	18,7	20,6	23,0	Amb ≤35	19,3	23,9	25,0	Amb ≤35	21,5	27,5	28,5	Amb ≤35	28,8	28,0	31,5	Amb ≤35	36,4	29,4	37,0	0,5	38,7	30,0	39,5	1,0
Les Loges	3	23,0	20,8	25,0	Amb ≤35	23,0	24,1	26,5	Amb ≤35	27,2	28,5	31,0	Amb ≤35	37,4	27,8	38,0	0,5	43,4	29,0	43,5	0,0	46,7	30,2	47,0	0,5
Les Chardons	4	21,5	27,1	28,0	Amb ≤35	22,0	30,4	31,0	Amb ≤35	23,0	34,9	35,0	Amb ≤35	28,8	33,9	35,0	Amb ≤35	34,4	35,0	37,5	3,0	37,3	36,5	40,0	2,5
Les Fauzières	5	22,1	19,7	24,0	Amb ≤35	22,5	23,0	26,0	Amb ≤35	23,8	27,4	29,0	Amb ≤35	28,6	27,0	31,0	Amb ≤35	35,5	27,8	36,0	0,5	39,4	29,1	40,0	0,5
Le Point du Jour	6	19,6	21,7	24,0	Amb ≤35	19,7	25,0	26,0	Amb ≤35	21,2	29,4	30,0	Amb ≤35	27,5	29,8	32,0	Amb ≤35	33,6	30,5	35,5	2,0	35,7	31,1	37,0	1,5

Tableau 35 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 3

Observations :

Après application des plans d'optimisation, les résultats prévisionnels mettent en avant le respect de l'ensemble des critères d'émergence fixés par la réglementation, de jour comme de nuit. Il apparaît cependant, en période nocturne, que le bruit généré par le futur parc éolien sera nettement perceptible pour certaines habitations, pour les vitesses de vent les plus faibles (3 à 4 m/s).

Les niveaux sonores prévisionnels sont cependant estimés à moins de 35 dB(A), ce qui représente une ambiance sonore très modérée et le bruit des éoliennes ne sera ni source de risque pour la santé, ni perceptible à l'intérieur des habitations lorsque les fenêtres seront fermées. De même, l'analyse statistique des conditions de vent met en évidence que cette configuration de vitesse de vent en période nocturne intervient pour environ 10% du temps, soit une relative faible proportion de la période de fonctionnement.

Enfin, à la mise en service du parc, une étude acoustique de réception sera réalisée. Lors de cette étude, une attention particulière sera portée aux conditions de vent pouvant générer des émergences significatives, malgré le respect des exigences réglementaires.

11.4 NIVEAUX SONORES EN LIMITE DE PERIMETRE DE MESURE DU BRUIT

L'arrêté du 26 Août 2011, à la section 6 - article 26, fixe les seuils maximum du bruit ambiant à 70 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne. Ces valeurs correspondent à n'importe quel point du périmètre de mesure du bruit défini à l'article 2 comme étant le périmètre correspondant au plus petit polygone dans lequel sont inscrits les disques de centre chaque aérogénérateur et de rayon R. Dans le cadre du présent projet, ce rayon est calculé comme suit :

$$R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor}) = 1,2 * (114 + (131 / 2)) = \mathbf{215,4m}$$

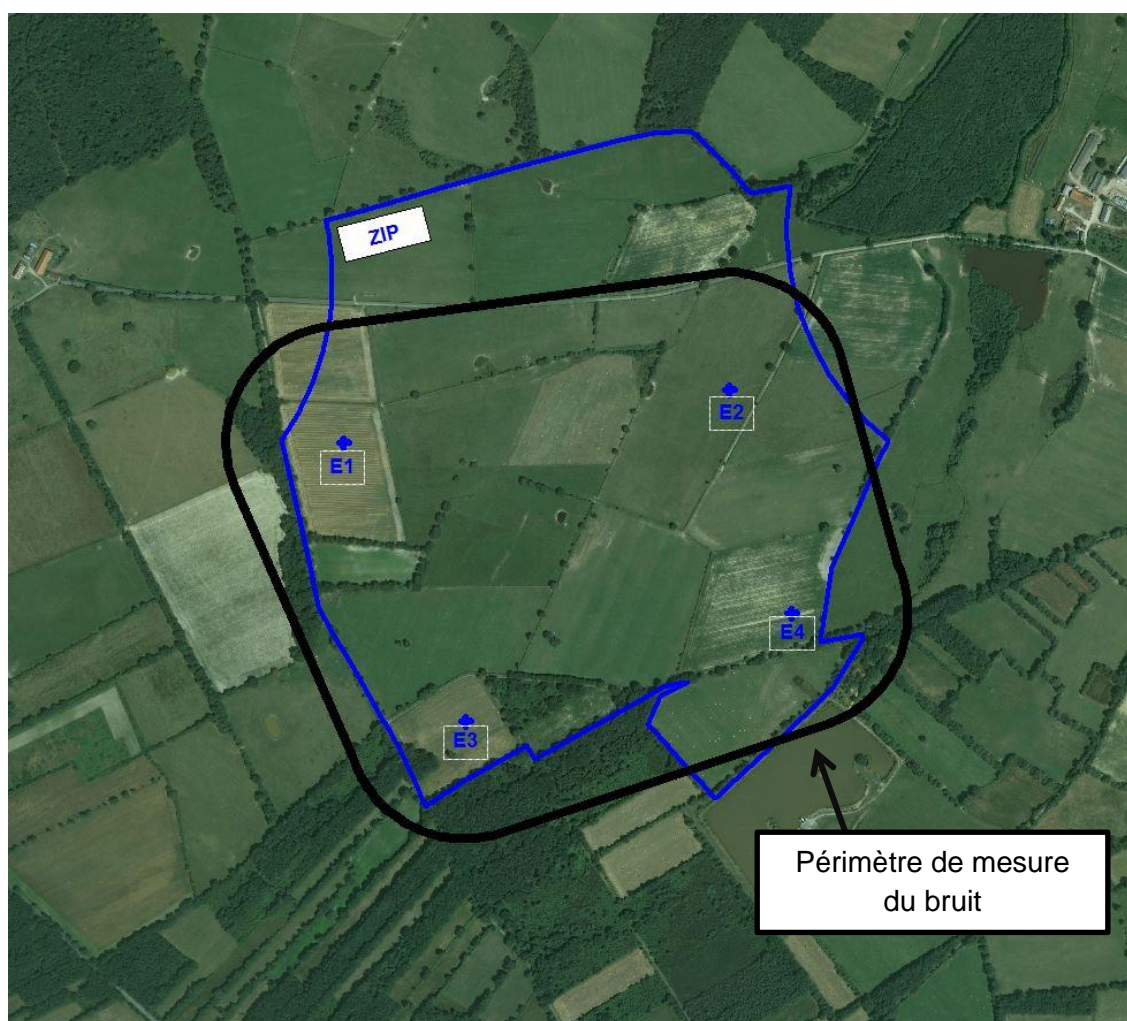


Figure 12 : Périmètre de mesure du bruit

Dans la configuration la plus contraignante ($V_s \geq 8\text{m/s}$), l'étude du bruit particulier met en avant que les niveaux sonores maximum au périmètre de mesure du bruit sont de l'ordre de 45,0 dB(A).

Par ailleurs, le niveau de bruit résiduel n'étant connu que chez les riverains, la valeur retenue pour le calcul du bruit ambiant au périmètre de mesure du bruit correspond à la valeur du bruit résiduel la plus élevée (tous riverains et toutes classes homogènes confondus) soit 49,4 dB(A) en période diurne et 46,7 dB(A) en période nocturne. De plus, ces valeurs ont été arrondies à la valeur entière supérieure.

Le tableau suivant présente les résultats et la conformité vis-à-vis des niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit. Les valeurs sont exprimées en dB(A).

Période	Br. Résid.	Br. part.	Br. amb.	Limite	Conformité
Diurne	50,0	45,0	52,0	70,0	Oui
Nocturne	47,0	45,0	50,0	60,0	Oui

Tableau 36 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit

11.5 TONALITES MARQUEES

Conformément à la réglementation, le futur parc éolien ne doit pas être à l'origine de tonalités marquées sur une période dépassant 30% de sa durée de fonctionnement.

L'évaluation des tonalités marquées potentielles est effectuée d'après l'analyse des niveaux de puissances acoustiques par bandes de tiers d'octaves mis à disposition par **Nordex**. Le graphique suivant présente la puissance acoustique de l'éolienne N131 par bandes de fréquences, pour les vitesses de vent allant de 3 à 10m/s (vitesse standardisée à 10m).

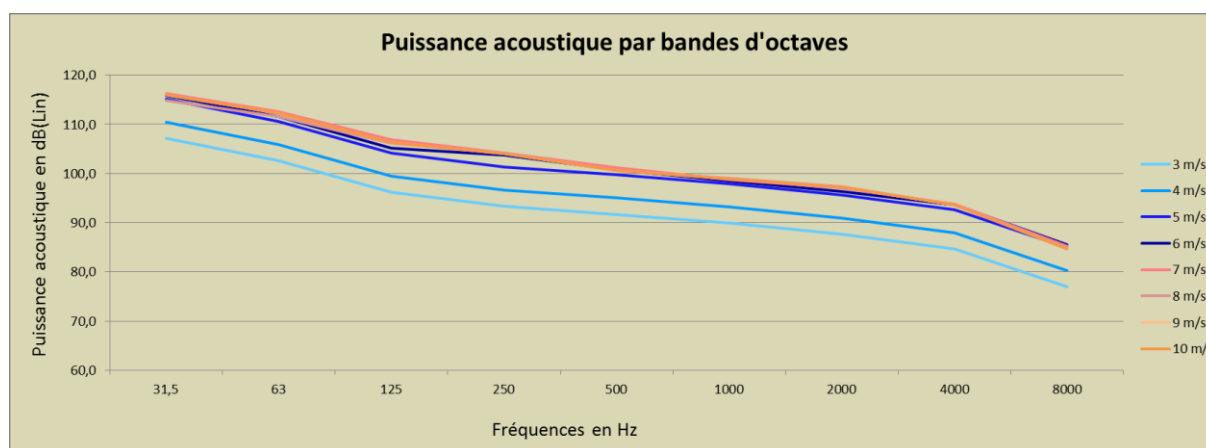


Figure 13 : Puissance acoustique par bandes d'octaves

L'analyse du graphique précédent permet de conclure qu'aucune tonalité marquée n'est identifiable. Ce critère est donc conforme aux exigences réglementaires.

OBSERVATIONS

Les observations suivantes sont formulées concernant l'évaluation de l'impact sonore du projet de parc éolien de BEAULIEU :

✓ Emergences globales

Les émergences prévisionnelles calculées présentent, pour certaines configurations, des risques de non-respect des seuils réglementaires.

Par conséquent, la mise en œuvre de plans d'optimisation de fonctionnement du parc éolien est nécessaire. Les plans d'optimisation présentés précédemment permettent, sur la base des éléments considérés au stade de l'étude d'impact, de respecter les exigences réglementaires. L'étude acoustique réalisée au cours de l'année suivant la mise en service du parc éolien devra permettre d'ajuster ces plans d'optimisation si nécessaire.

✓ **Niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit**

Les niveaux sonores prévisionnels de bruit ambiant en limite de périmètre de mesure du bruit sont estimés inférieurs à 70 dB(A) en période diurne et 60 dB(A) en période nocturne. Ce point est conforme aux exigences réglementaires.

✓ **Tonalités marquées**

L'analyse des données de puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves ne met en évidence aucune tonalité marquée au sens de la réglementation.

12 PRISE EN CONSIDERATION DES INCERTITUDES

Les études d'impact acoustique de projets de parcs éoliens reposent principalement sur la réalisation de mesures de bruit sur site ainsi que sur la simulation informatique du projet en vue de calculer le futur bruit généré par les éoliennes. Dans la mesure où ces étapes se déroulent en phase de « projet », elles sont accompagnées de nombreuses hypothèses, et donc d'incertitudes.

Afin de maîtriser les résultats de la présente étude d'impact, il convient d'analyser les différentes sources d'incertitudes. Celles-ci sont de plusieurs ordres :

- ✓ **Mesures de bruit résiduel sur site.** Le projet de norme Pr NF S 31-114 décrit la méthodologie à suivre pour évaluer les incertitudes liées aux résultats de mesure du bruit résiduel. Cette méthodologie prend en considération de multiples facteurs (nombre d'échantillons, appareillage, linéarité en fréquence, pondération fréquentielle...). Les tableaux ci-après présentent, pour chaque classe homogène, les incertitudes associées aux mesures de bruit résiduel. Le symbole « * » signifie que les niveaux sonores concernés ont été interpolés ou extrapolés en raison d'un trop faible nombre d'échantillons disponibles (inférieur à 10).

Classe homogène n°1		Incertitudes en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	1,4	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3
Les Landes	2	1,4	1,8	1,6	1,3	1,4	1,4
Les Loges	3	1,4	1,8	1,6	1,4	1,4	1,4
Les Chardons	4	1,5	1,9	1,6	1,5	1,5	1,3
Les Fauzières	5	1,3	2,2	1,5	1,3	1,3	1,4
Le Point du Jour	6	1,6	2,8	1,6	1,4	1,4	1,6

Tableau 37 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 1

Classe homogène n°2		Incertitudes en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	1,4	1,4	1,5	2,4	*	*
Les Landes	2	1,4	1,3	1,3	1,4	*	*
Les Loges	3	1,4	1,4	1,6	2,5	*	*
Les Chardons	4	1,5	1,4	1,4	1,3	*	*
Les Fauzières	5	1,3	1,3	1,3	1,4	*	*
Le Point du Jour	6	1,4	1,3	1,3	1,4	*	*

Tableau 38 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 2

Classe homogène n°3		Incertitudes en dB(A)					
Emplacement	N°	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	≥ 8m/s
Le Beau	1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
Les Landes	2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,6
Les Loges	3	1,3	1,3	1,3	1,6	1,3	1,3
Les Chardons	4	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
Les Fauzières	5	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4
Le Point du Jour	6	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3

Tableau 39 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 3

- ✓ **Puissance acoustique des éoliennes.** La puissance acoustique des éoliennes est fournie par les constructeurs. Ces données sont établies à partir de mesures de bruit, puis à l'aide d'une approche statistique intégrant les incertitudes de mesures associées normes CEI 61400-11).
- ✓ **Simulation informatique.** Aucune méthode réglementaire d'évaluation globale des incertitudes sur la modélisation n'est établie. Outre la fidélité du modèle numérique (relief, effet de sol, etc...), le domaine d'application et les limites d'utilisation de la norme ISO 9613-2 doivent être considérés. Cette norme de calcul précise qu'une incertitude de 3 dB(A) est associée au calcul des niveaux sonores pour une distance source/récepteur supérieure à 100m.

Afin de limiter ces sources d'incertitudes, **l'année suivant la mise en service du parc éolien**, une mesure de bruit sur site sera réalisée conformément à la réglementation. Cette démarche permettra ainsi d'affiner les potentiels plans d'optimisation de fonctionnement prévus par cette étude.

13 EFFETS CUMULES

Selon les informations recueillies, aucun parc ou projet de parc éolien ne se trouve dans un rayon proche (quelques kilomètres) du projet de parc éolien de Beaulieu. En ce sens, aucun impact cumulé en matière de bruit n'est à signaler.

14 CONCLUSION GENERALE DE L'ETUDE

L'étude d'impact acoustique confiée à ECHO Acoustique a pour objectif d'évaluer, conformément à la réglementation en vigueur, l'impact acoustique environnemental du projet éolien de BEAULIEU (36). Elle repose sur la réalisation de mesures *in situ* (bruit et conditions météorologiques) ainsi que sur la modélisation acoustique du futur parc.

Le futur parc éolien sera soumis au régime des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (IPCE). En ce sens, la méthodologie employée répond aux exigences de l'arrêté du 26 Août 2011, de la norme NF S 31-010 et du projet de norme Pr NF S 31-114. Par ailleurs, une campagne de mesures de bruit a été réalisée en mars 2016 en vue de caractériser les niveaux sonores résiduels.

En particulier, deux modèles de machine ont été étudiés en vue d'évaluer l'impact acoustique des machines suivantes :

- ✓ VESTAS V126R117 – 3,6MW – équipée de pales STE
- ✓ NORDEX N131R114 – 3MW

Au regard des résultats de mesures, des méthodes de calcul et des hypothèses retenues, les conclusions de l'étude sont les suivantes :

- ✓ Les niveaux sonores résiduels mesurés sont modérés sur l'ensemble de l'aire d'étude.
- ✓ Pour la classe homogène 3 (période nocturne), et quel que soit le modèle d'éolienne étudié, le fonctionnement du parc éolien devra être optimisé en vue de réduire les émissions sonores.
- ✓ Pour les deux modèles, les futurs niveaux sonores calculés en limite de périmètre de mesure du bruit sont inférieurs aux seuils réglementaires admissibles.
- ✓ Pour les deux modèles, aucune tonalité marquée ne sera présente au sens de la réglementation.

Compte tenu des incertitudes associées aux méthodes normatives d'évaluation de l'impact acoustique du projet éolien de BEAULIEU, la présente étude d'impact prévisionnelle devra être validée et si nécessaire ajustée en réalisant une campagne de mesures de bruit de réception dans l'année suivant la mise en service de l'installation.

ANNEXES

15 ANNEXE 1 : TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Emergences réglementaires admissibles _____	8
Tableau 2 : Termes correctifs applicables en fonction de la durée d'apparition de la source de bruit _____	8
Tableau 3 : Tonalités marquées – seuils réglementaires admissibles _____	8
Tableau 4 : Emplacements étudiés _____	13
Tableau 5 : Coordonnées du mât météorologique _____	15
Tableau 6 : classes homogènes étudiées _____	18
Tableau 7 : Bruit résiduel – classe homogène 1 _____	19
Tableau 8 : Bruit résiduel – classe homogène 2 _____	20
Tableau 9 : Bruit résiduel – classe homogène 3 _____	20
Tableau 10 : Coordonnées des éoliennes _____	20
Tableau 11 : Puissance acoustique en mode PO1 - pales STE (en dB(A)) _____	23
Tableau 12 : Modes réduits (en dB(A)) _____	23
Tableau 13 : Bruit particulier _____	24
Tableau 14 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1 _____	26
Tableau 15 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2 _____	26
Tableau 16 : émergences prévisionnelles – classe homogène 3 _____	27
Tableau 17 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 1 _____	28
Tableau 18 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 2 _____	28
Tableau 19 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 3 _____	29
Tableau 20 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 1 _____	30
Tableau 21 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 2 _____	30
Tableau 22 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 3 _____	31
Tableau 23 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit _____	33
Tableau 24 : Puissance acoustique en mode standard (en dB(A)) _____	34
Tableau 25 : Modes réduits (en dB(A)) _____	35
Tableau 26 : Bruit particulier _____	36
Tableau 27 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1 _____	37
Tableau 28 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2 _____	37
Tableau 29 : émergences prévisionnelles – classe homogène 3 _____	38
Tableau 30 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 1 _____	39
Tableau 31 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 2 _____	39
Tableau 32 : Plan d'optimisation pour la classe homogène 3 _____	40
Tableau 33 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 1 _____	41
Tableau 34 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 2 _____	41
Tableau 35 : Emergences prévisionnelles après optimisation du fonctionnement du parc éolien – classe homogène 3 _____	42
Tableau 36 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit _____	44
Tableau 37 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 1 _____	46
Tableau 38 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 2 _____	46
Tableau 39 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 3 _____	47

16 ANNEXE 2 : TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Méthodologie de l'étude d'impact	10
Figure 2 : Localisation de l'aire d'étude	11
Figure 3 : Evolution de la végétation au cours de l'année	13
Figure 4 : Emplacements des points de mesure	14
Figure 5 : Schéma de principe du calcul de la vitesse de vent standardisée à 10m (Vs)	16
Figure 6 : Rose des vents correspondant de long terme (occurrences et vitesses)	17
Figure 7 : Roses des vents diurne et nocturne correspondant à la campagne de mesures de bruit (occurrence et vitesses)	17
Figure 8 : Emplacement des éoliennes	21
Figure 9 : Vue en 3D du projet modélisé sous CadnaA	22
Figure 10 : Périmètre de mesure du bruit	32
Figure 11 : Puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves	33
Figure 12 : Périmètre de mesure du bruit	43
Figure 13 : Puissance acoustique par bandes d'octaves	44

17 ANNEXE 3 : NOTIONS ELEMENTAIRES D'ACOUSTIQUE

Les éléments de ce paragraphe sont fournis à titre indicatif et ont pour objectif d'aider le lecteur dans la compréhension du présent rapport.

La perception d'un son ou d'un bruit constitue la principale faculté de l'oreille humaine. Pour caractériser un son ou un bruit, on considère deux principaux éléments : la force sonore (niveau de bruit) et la fréquence (caractérisant la hauteur tonale et le timbre).

L'évaluation de ces critères par la mesure ou le calcul permet de conclure sur le caractère gênant ou non du bruit étudié. Ce bruit pourra par exemple engendrer une gêne s'il présente une intensité trop importante ou une composition fréquentielle particulière.

Pour évaluer de manière objective ces différents critères, il existe de nombreuses normes de mesurages et textes de lois qu'ECHO Acoustique s'engage à respecter lors de ses interventions.

17.1 LE NIVEAU DE BRUIT

Le niveau de bruit caractérise la pression acoustique (force sonore) en un point donné. L'unité légale de pression est le Pascal (Pa). L'oreille humaine est sensible aussi bien à des sons de très faible intensité (quelques μPa) qu'à des sons de forte intensité (plusieurs dizaines de Pascal). L'étendue de ces valeurs de pression acoustique a conduit à rechercher une expression plus pratique : l'échelle logarithmique des Bels (en l'honneur de son inventeur Alexandre Graham Bell). Celle-ci a ensuite été divisée en 10 échelons donnant ainsi naissance à **l'échelle des décibels (dB)**.

Equivalence des niveaux de pression acoustique entre Pa et dB :

Niveaux en Pa	Niveau en dB
0.0002	20
1	94
2	100
20	120

De ce fait, il faut être très prudent lorsqu'on manipule l'échelle logarithmique des décibels. Par exemple, doubler le niveau de pression sonore revient à ajouter 3dB (ex : 60dB+60dB=63dB). De même, lorsque deux sons ont des intensités différentes, celui de plus petite intensité devient vite négligeable (ex : 60dB+50dB \approx 60dB).

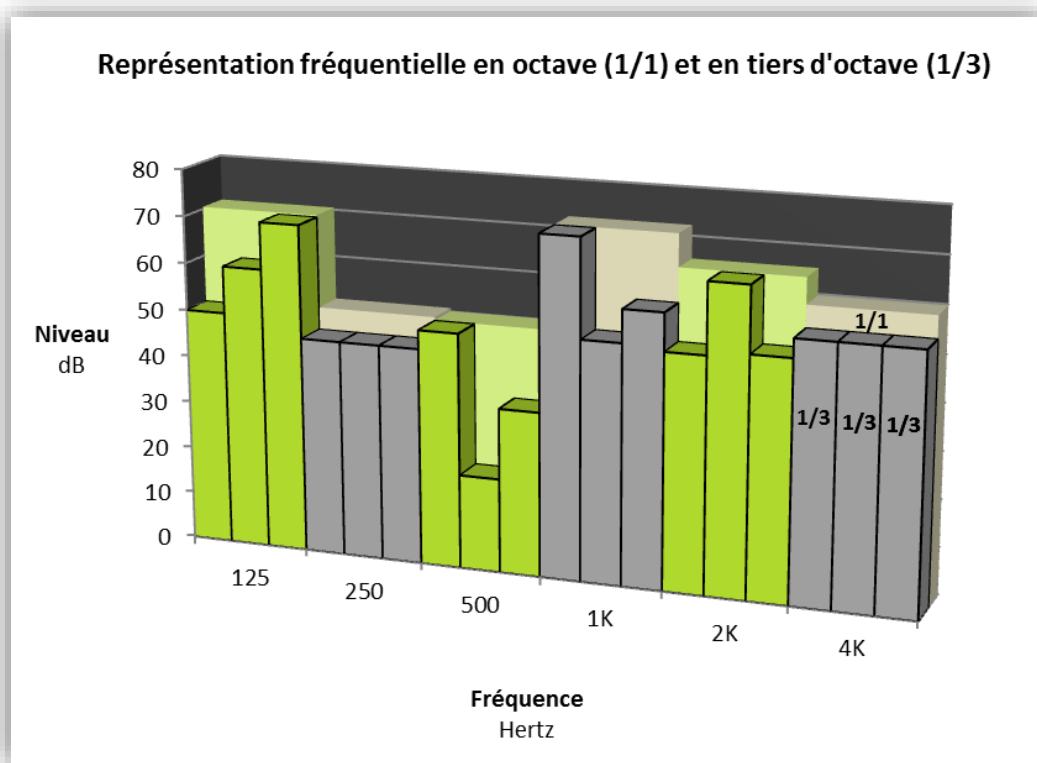
17.2 LA FREQUENCE

La fréquence représente le nombre de fluctuations par seconde et s'exprime en Hertz (Hz). Elle traduit la composition fréquentielle d'un son (grave, médium, aigu). Un son grave est caractérisé par le faible nombre de fluctuations par seconde. Inversement, un nombre très élevé de fluctuations par seconde caractérise un son aigu.

L'oreille humaine est sensible aux sons compris entre 20Hz (grave) et 20000Hz (aigue).

<20Hz	Infrasons
20Hz – 20kHz	Domaine audible
>20kHz	Ultrasons

En pratique, la composition fréquentielle d'un son ou d'un bruit étant caractérisée par une multitude de fréquences, elle peut être schématisée par un ensemble de traits verticaux dont la hauteur représente leur niveau sonore, et leur position sur l'axe des abscisses (gradué en Hz) représente leur fréquence propre. Ce type de représentation est appelé **spectre**. Il n'est cependant pas nécessaire de connaître en détail le niveau de chaque fréquence et par convention, les fréquences sont regroupées par bandes d'octaves ou de tiers d'octaves.



17.3 PERCEPTION AUDITIVE

Si l'oreille perçoit les fréquences comprises entre 20Hz et 20000Hz, sa sensibilité n'est pas égale sur toute cette bande passante et la perception des fréquences moyennes comprises entre 1000Hz et 6000Hz est favorisée de façon naturelle. En étudiant la sensibilité de l'oreille pour chaque fréquence, la courbe de réponse de l'oreille peut être établie. Afin de mesurer au plus juste les niveaux de bruit représentatifs de la sensibilité de l'oreille humaine, un filtre correcteur est conventionnellement appliqué lors des mesures sonométriques. Ce filtre est aussi appelé « pondération A » et les niveaux de bruit mesurés sont exprimés en **dB(A)**.

Afin d'évaluer les niveaux de bruit en tenant compte de la sensibilité de l'oreille, les différentes réglementations acoustiques se réfèrent généralement au dB(A).

17.4 SPECIFICITES DU BRUIT GENERE PAR LES EOLIENNES

Le bruit généré par une éolienne résulte de la contribution sonore de plusieurs phénomènes d'origine mécanique et aérodynamique. Le bruit mécanique est généré par les différents composants situés dans la nacelle (multiplicateur notamment, dont certaines éoliennes sont toutefois dépourvues). Les éoliennes de dernière génération, de par leur conception, présentent des améliorations techniques permettant de réduire le bruit d'origine mécanique.

La composante d'origine aérodynamique est liée à l'écoulement de l'air sur les pales. Le bruit généré dépend alors de plusieurs paramètres tels que la forme des pales, la vitesse d'écoulement ou l'interaction entre le flux d'air, les pales et la tour.

Conformément aux exigences réglementaires, les éoliennes sont implantées à des distances supérieures à 500m des habitations et des zones destinées aux habitations riveraines du parc. La problématique de la propagation des ondes sonores est essentielle à grande distance et les facteurs tels que les conditions météorologiques, le relief ou encore l'effet de sol influent de manière significative sur les niveaux sonores perçus par les riverains.

La particularité des bruits provenant des éoliennes est que le niveau sonore dépend de la vitesse du vent. D'une manière générale, plus la vitesse de vent est élevée, et plus la puissance acoustique de l'éolienne est importante. En fonction de la nature des sources de bruit (route, industrie, etc..), le niveau de bruit résiduel chez les riverains varie également en fonction de la vitesse et de la direction du vent. Pour ces raisons, l'étude d'impact acoustique est réalisée pour chaque classe de vitesse de vent.

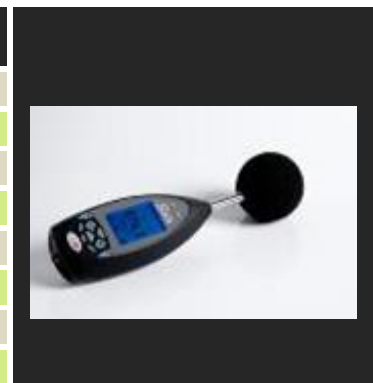
18 ANNEXE 4 : MATERIEL DE MESURE UTILISE

L'ensemble du matériel de mesure utilisé pour la mission est présenté ci-après :

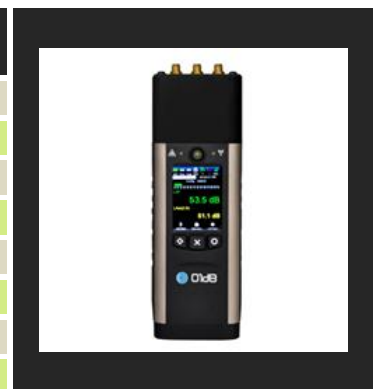
Type de sonomètre	SOLO
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	12064
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE21S
Numéro de série	15308
Type de microphone	MCE212
Numéro de série	134725
Date d'étalonnage	Janvier 2016



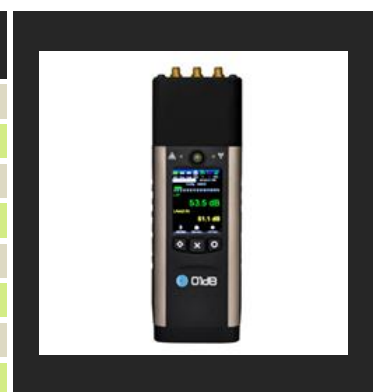
Type de sonomètre	SOLO BLACK EDITION
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	65258
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE 21s
Numéro de série	15697
Type de microphone	MCE 212
Numéro de série	103338
Date d'étalonnage	Février 2016



Type de sonomètre	CUBE - SMART NOISE MONITORING TERMINAL
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10872
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE22
Numéro de série	11045
Type de microphone	GRAS 40CD
Numéro de série	231555
Date d'étalonnage	Janvier 2016



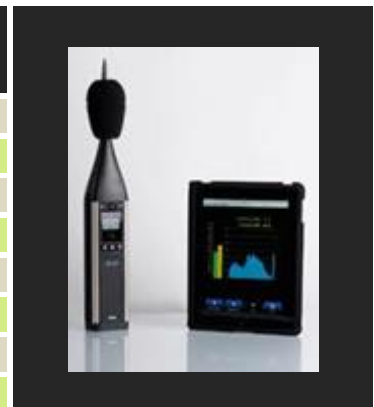
Type de sonomètre	CUBE - SMART NOISE MONITORING TERMINAL
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10873
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE22
Numéro de série	11042
Type de microphone	GRAS 40CD
Numéro de série	233391
Date d'étalonnage	Janvier 2016



Type de sonomètre	CUBE - SMART NOISE MONITORING TERMINAL
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10874
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE22
Numéro de série	10830
Type de microphone	GRAS 40CD
Numéro de série	233422
Date d'étalonnage	Janvier 2016



Type de sonomètre	DUO - SMART NOISE MONITOR
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10509
Classe	1
Type de préamplificateur	intégré
Numéro de série	-
Type de microphone	GRAS 40CD
Numéro de série	145028
Date d'étalonnage	Janvier 2016



Type d'équipement	Station Météo
Fabricant	Davis
Type	Vintage PRO 2
Résolution	Résolution 0,1m/s
Données mesurées	Pluviométrie, Vitesse de vent, Direction de vent



Type de calibreur	CAL21
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	34113608
Classe	1
Spécificités techniques	94dB / 1000Hz
Date d'étalonnage	Février 2016



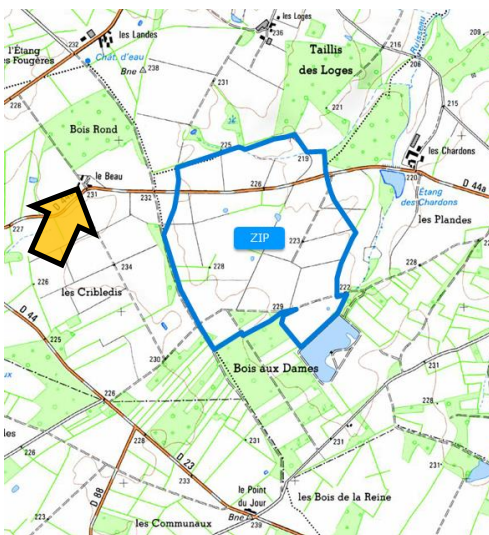
19 ANNEXE 5 : FICHES DE SYNTHÈSE DES MESURES

19.1 MESURE DE BRUIT AU POINT 1 [LE BEAU]

19.1.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 1	Le Beau
Adresse	Le Beau, commune de Bonneuil (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Etablissement agricole
Coordonnées GPS	Y : 6588981 / X : 566864 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	DUO 10509
Distance par rapport à la façade la plus proche	2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m

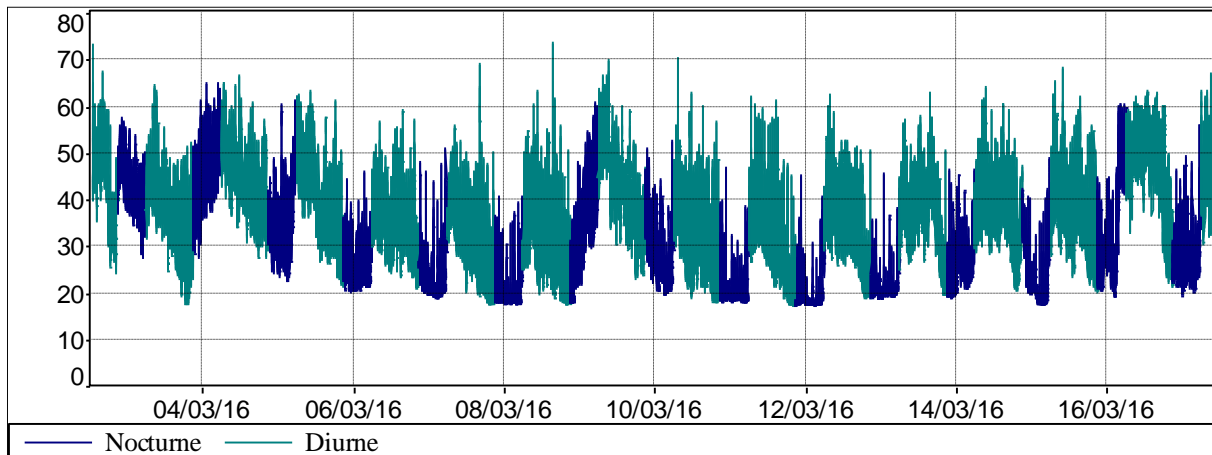


Sources de bruit identifiées

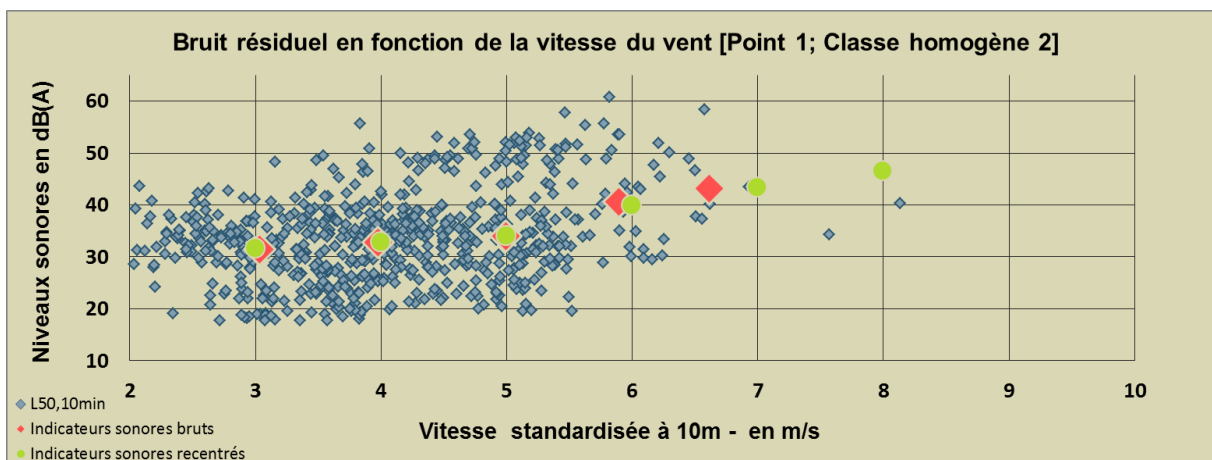
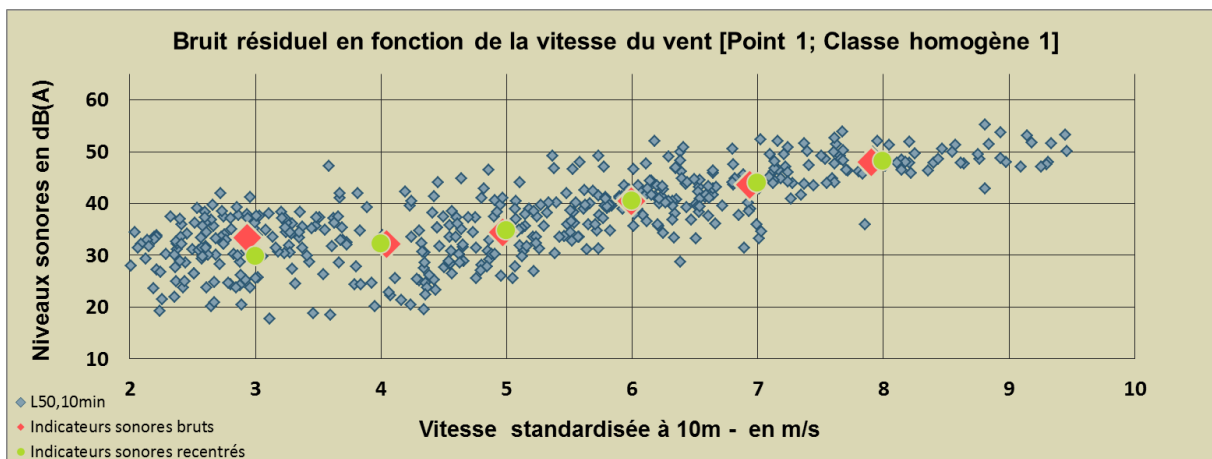
Effet du vent sur la végétation :	Une zone boisée est située au Nord de la Maison
Animaux domestiques :	Présence d'animaux d'élevages
Animaux sauvages :	Présence importante d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	Faibles (des passages de tracteurs peuvent être observés)
Infrastructures de transports :	Peu de passages de voiture sur la route D44a à proximité
Autres :	...

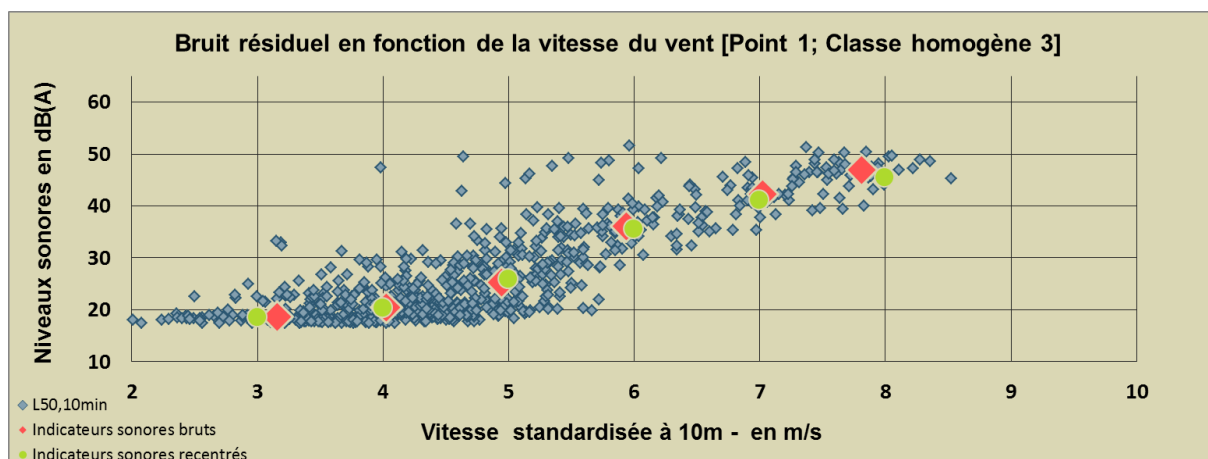
19.1.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.1.3 NUAGES DE POINTS



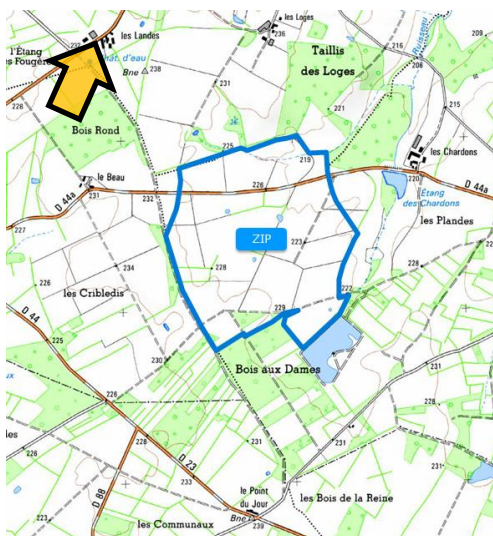


19.2 MESURE DE BRUIT AU POINT 2 [LES LANDES]

19.2.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 2	Les Landes
Adresse	Les Landes, commune de Chaillac (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Etablissement agricole
Coordonnées GPS	Y : 6589872 / X : 566987 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	Solo 12064
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m

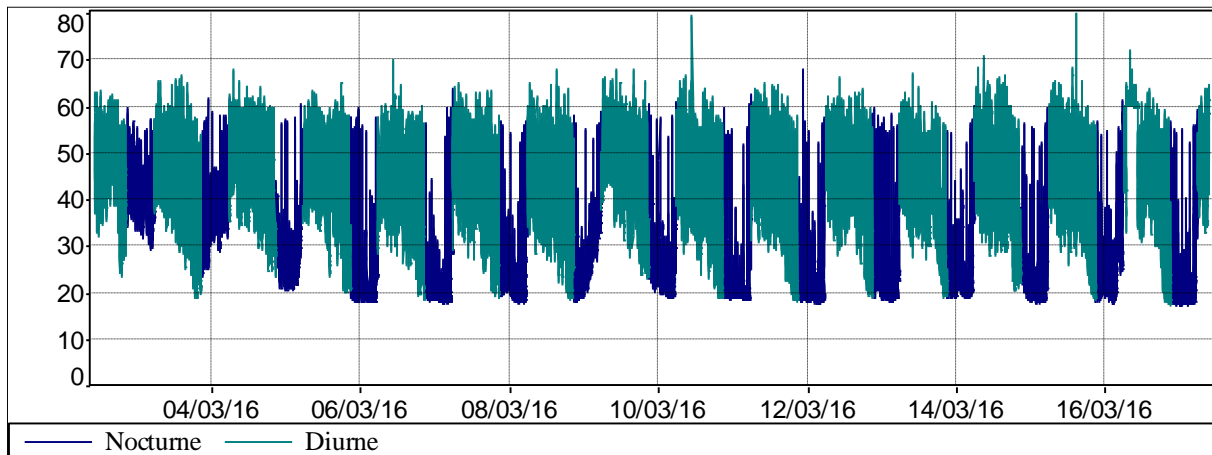


Sources de bruit identifiées

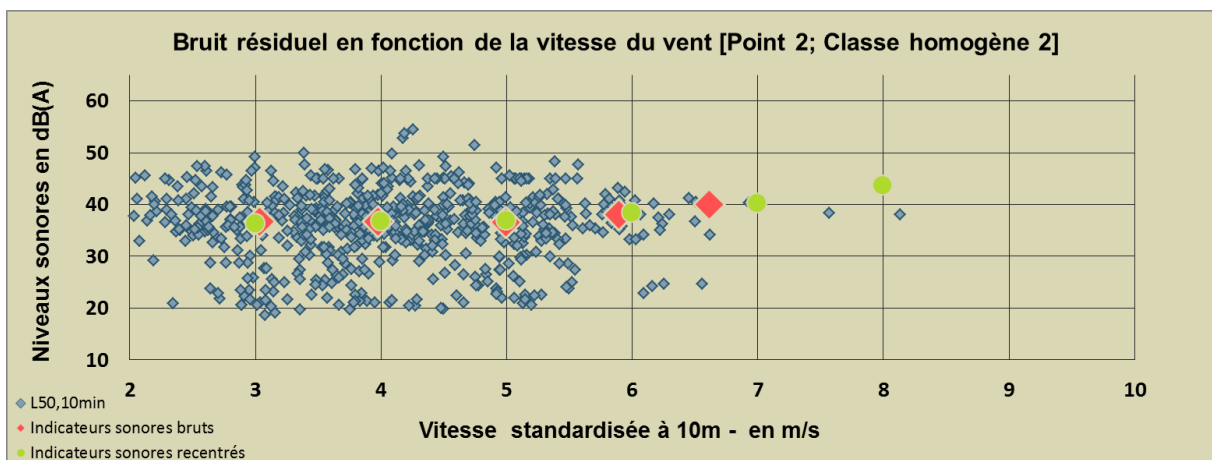
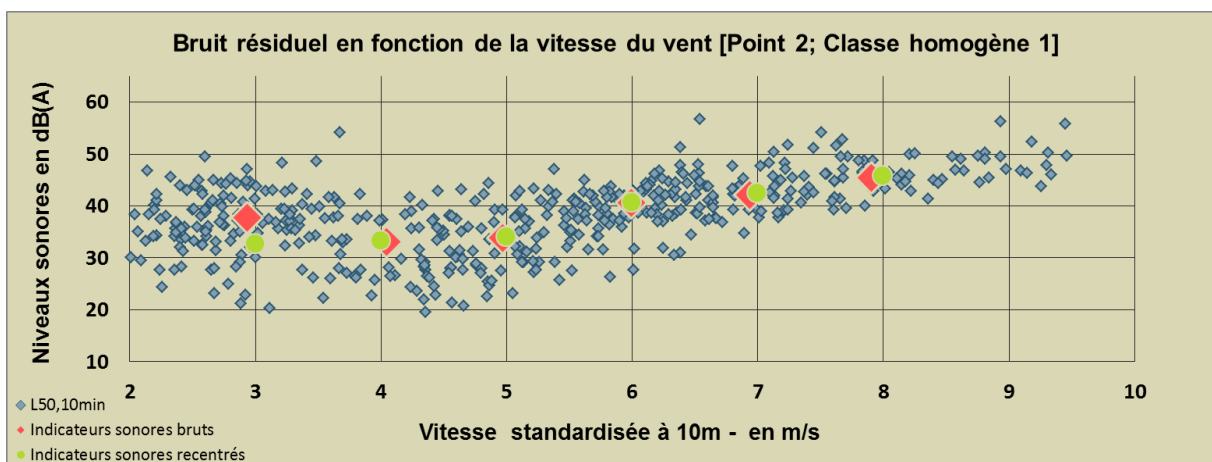
Effet du vent sur la végétation :	De nombreux feuillus à proximité du point
Animaux domestiques :	Présence d'animaux d'élevages
Animaux sauvages :	Présence importante d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	Deux exploitations agricoles sur le lieu-dit
Infrastructures de transports :	Quelques passages de voiture sur la route D29 à proximité
Autres :	Des travaux agricoles ont été effectués le 16/03/2016 matin

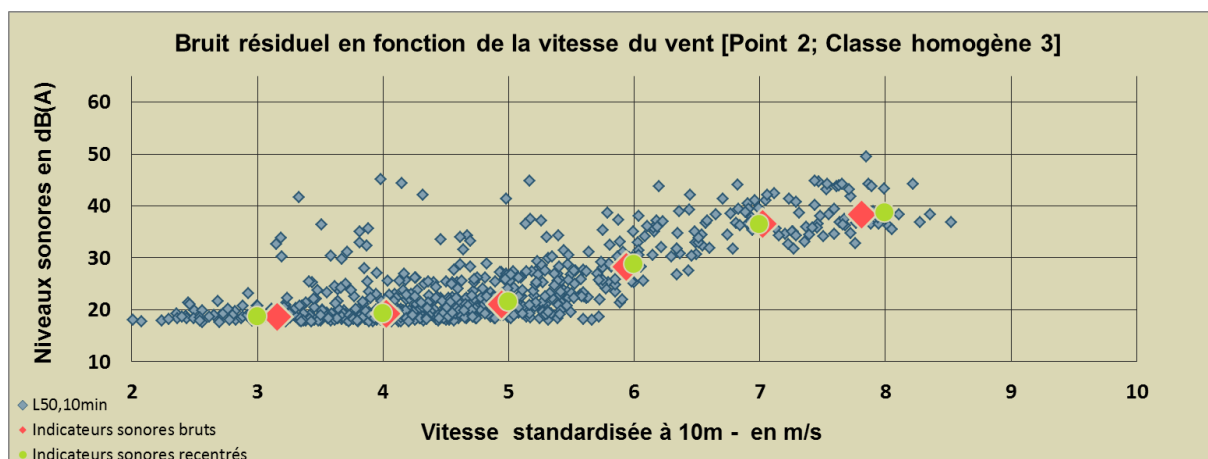
19.2.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.2.3 NUAGES DE POINTS



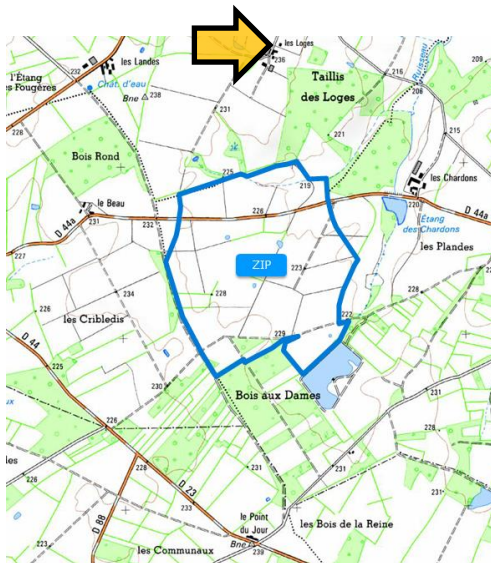
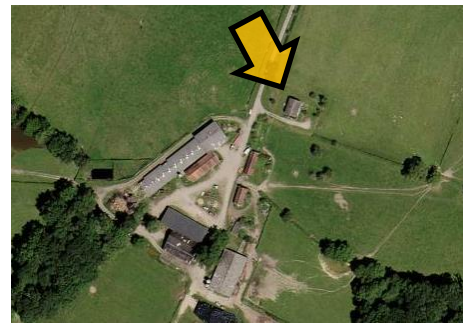


19.3 MESURE DE BRUIT AU POINT 3 [LES LOGES]

19.3.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 3	Les Loges
Adresse	Les Loges, commune de Chaillac (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Etablissement agricole
Coordonnées GPS	Y : 6589949 / X : 568029 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	Cube 10873
Distance par rapport à la façade la plus proche	2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m

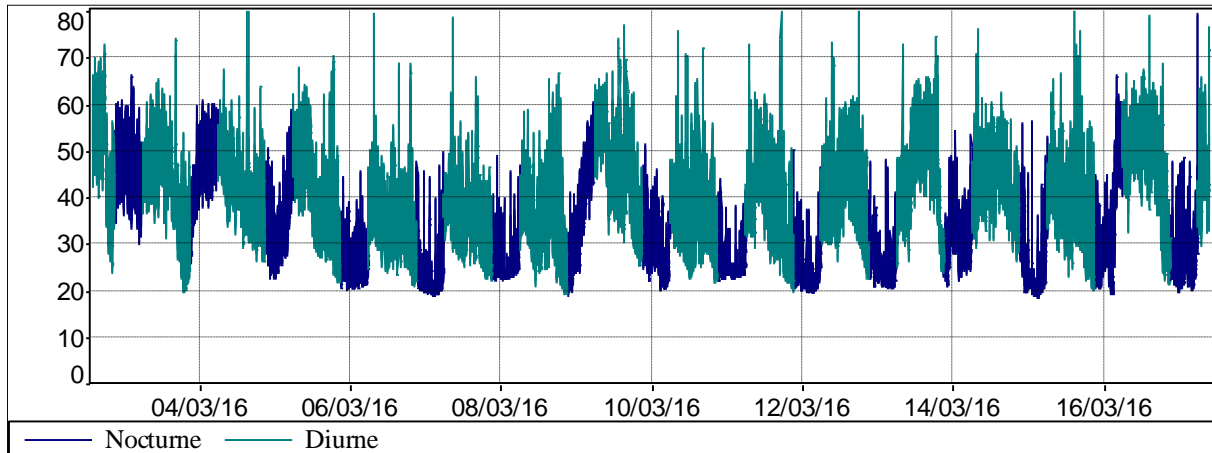


Sources de bruit identifiées

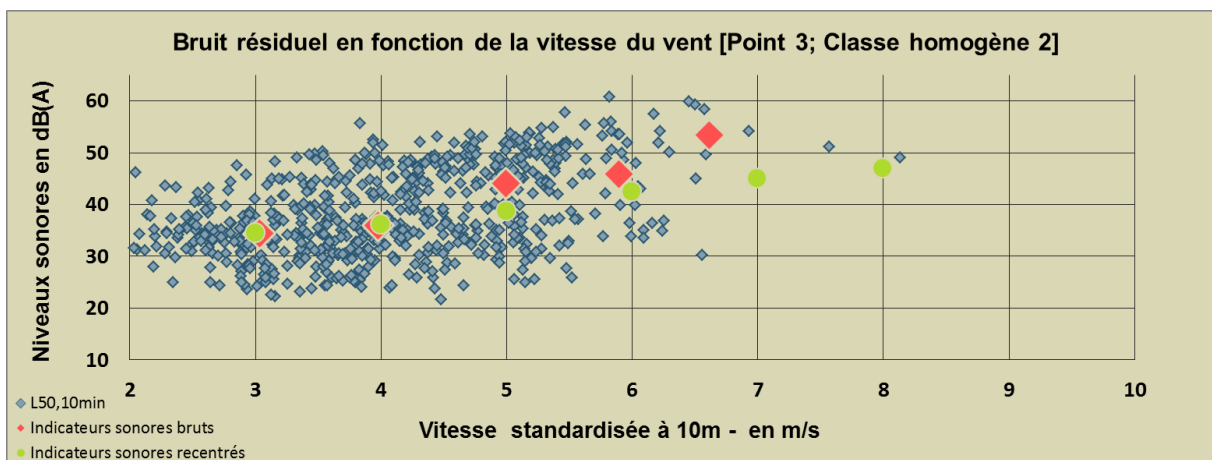
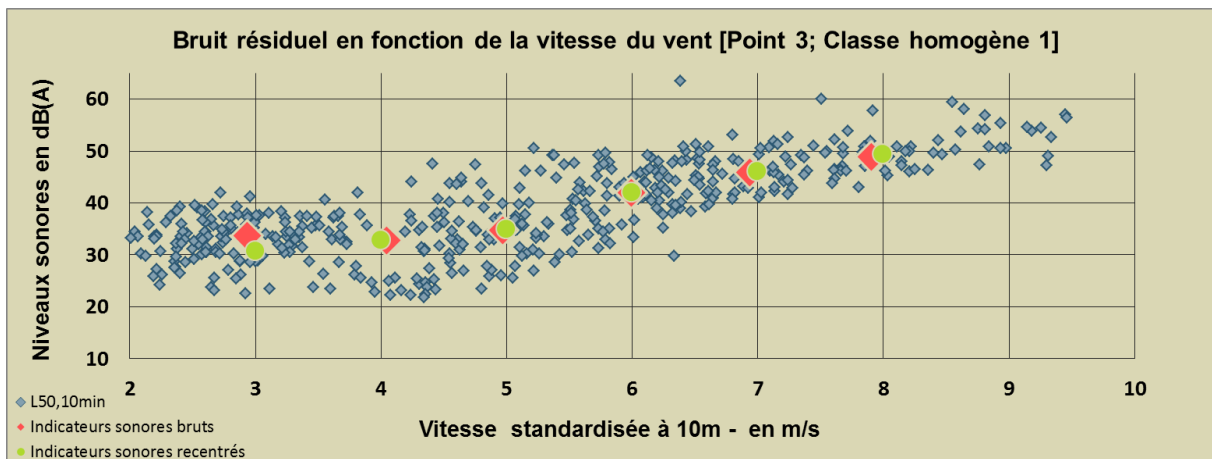
Effet du vent sur la végétation :	Une zone boisée est située au Sud-Est de la Maison
Animaux domestiques :	Présence d'animaux d'élevages et de nombreux chiens
Animaux sauvages :	Présence d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	De nombreux travaux agricoles peuvent être observés
Infrastructures de transports :	Faibles (point éloigné de la route D29 et D44a)
Autres :	...

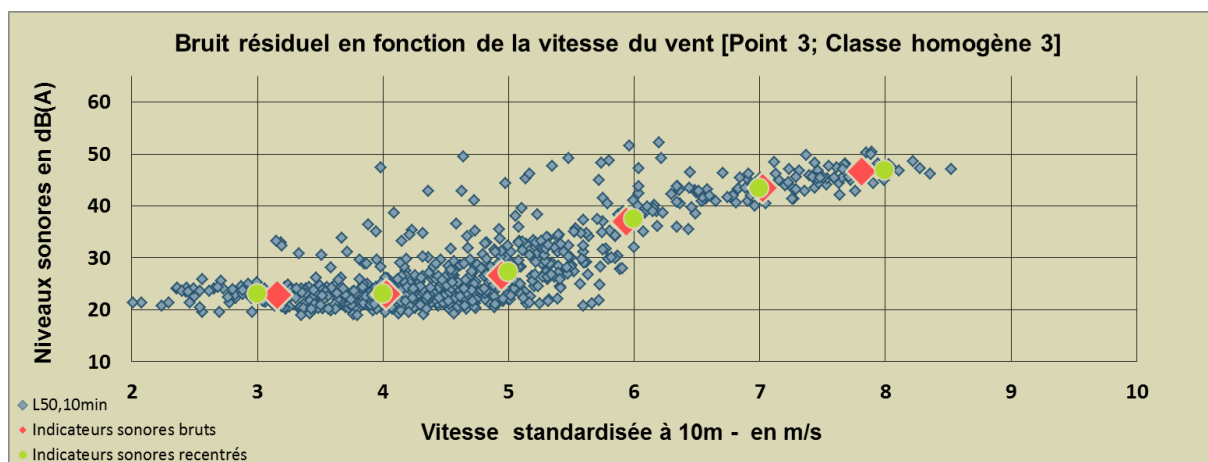
19.3.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.3.3 NUAGES DE POINTS





19.4 MESURE DE BRUIT AU POINT 4 [LES CHARDONS]

19.4.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 4	Les Chardons
Adresse	Les Chardons, commune de Beaulieu (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Etablissement agricole
Coordonnées GPS	Y : 6589069 / X : 568798 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	Cube 10872
Distance par rapport à la façade la plus proche	2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m

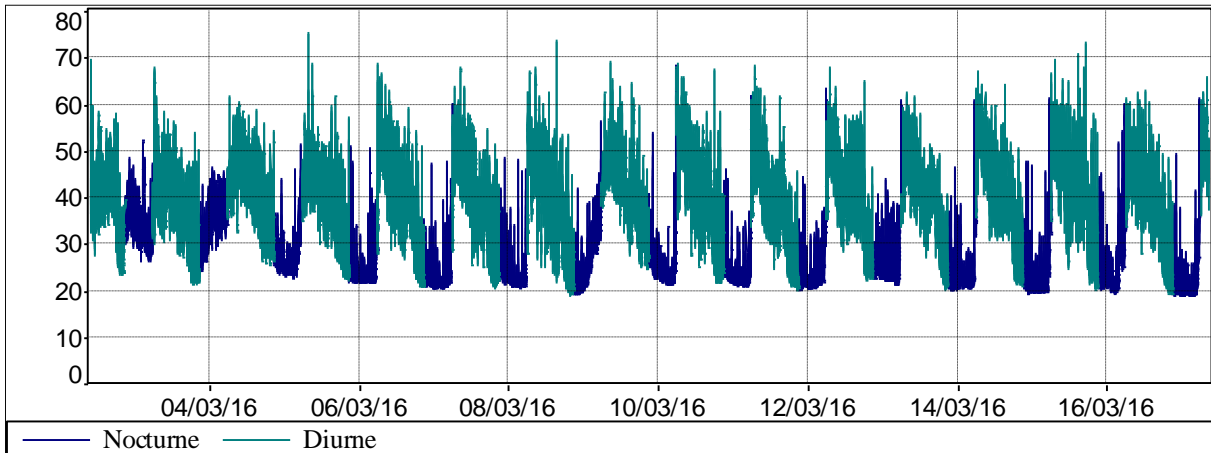


Sources de bruit identifiées

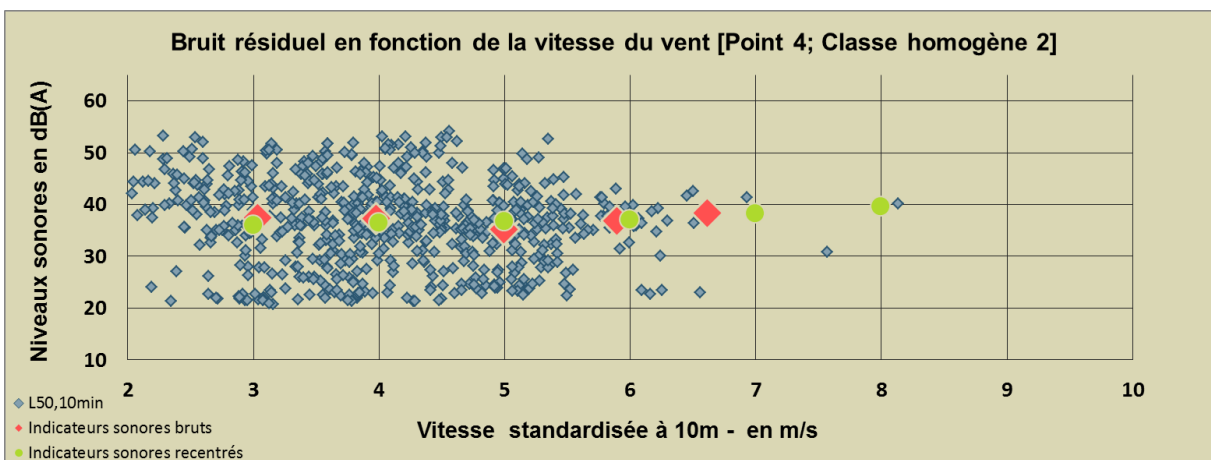
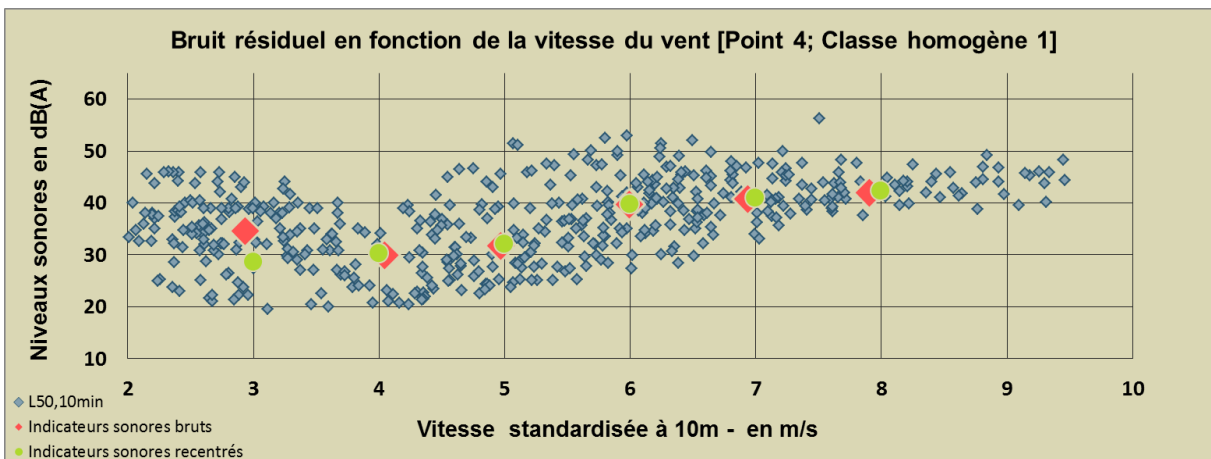
Effet du vent sur la végétation :	Une zone boisée est située à l'Ouest de la Maison
Animaux domestiques :	Présence d'animaux d'élevages et d'un chien
Animaux sauvages :	Présence importante d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	Importantes mais éloignées du point de mesure
Infrastructures de transports :	Peu de passages de voiture sur la route D44a à proximité
Autres :	Possible bruit de grenouilles en période estivale, lié à la proximité avec l'étang

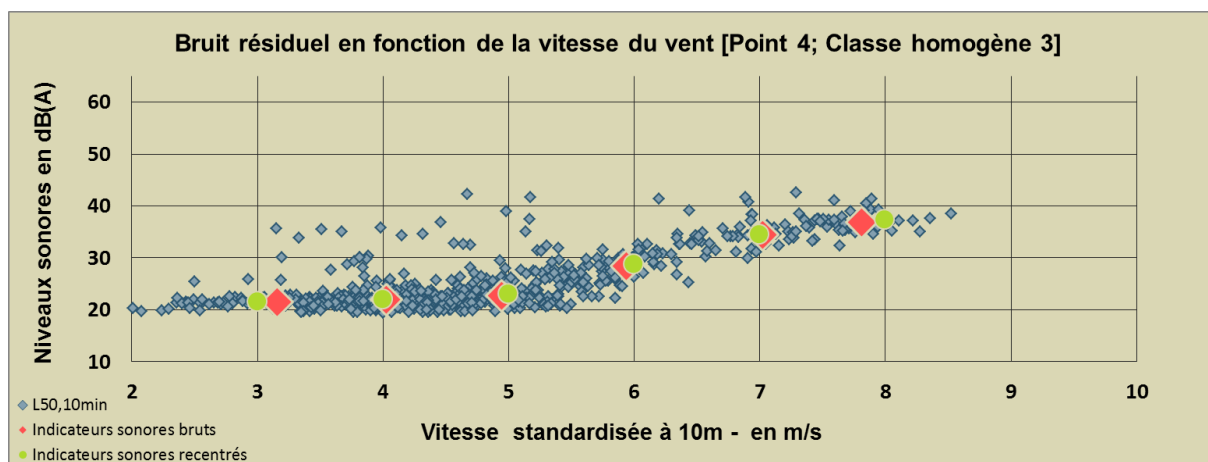
19.4.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.4.3 NUAGES DE POINTS



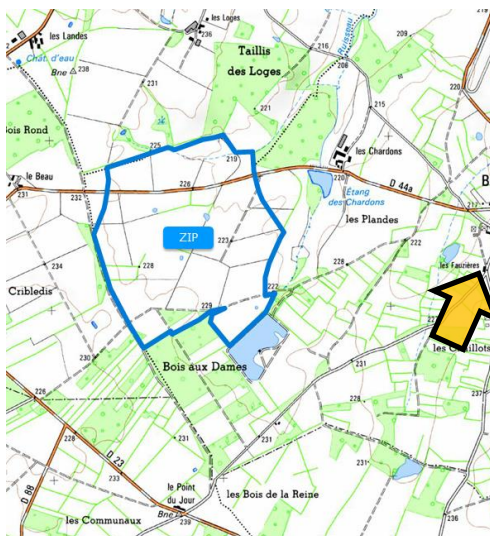
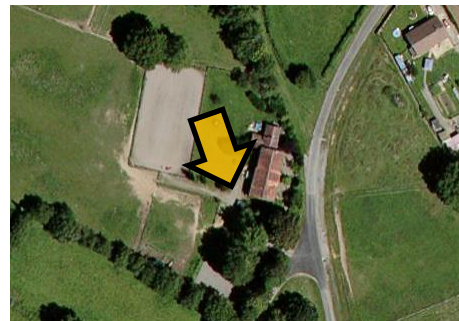


19.5 MESURE DE BRUIT AU POINT 5 [LES FAUZIÈRES]

19.5.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 5	Les Fauzières
Adresse	Les Fauzières, commune de Beaulieu (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Elevage de chevaux
Coordonnées GPS	Y : 6588433 / X : 569617 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	Solo black 65258
Distance par rapport à la façade la plus proche	>2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 2m

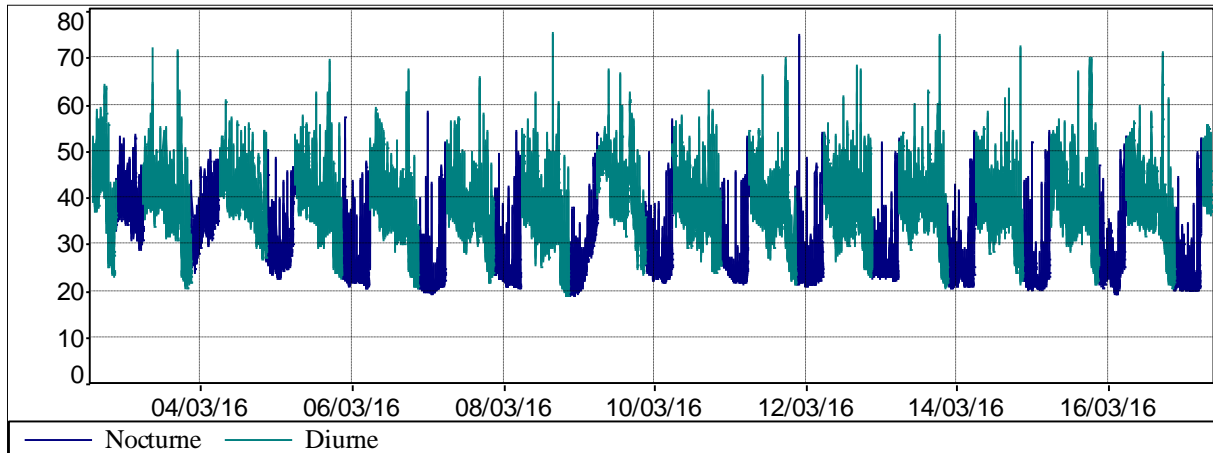


Sources de bruit identifiées

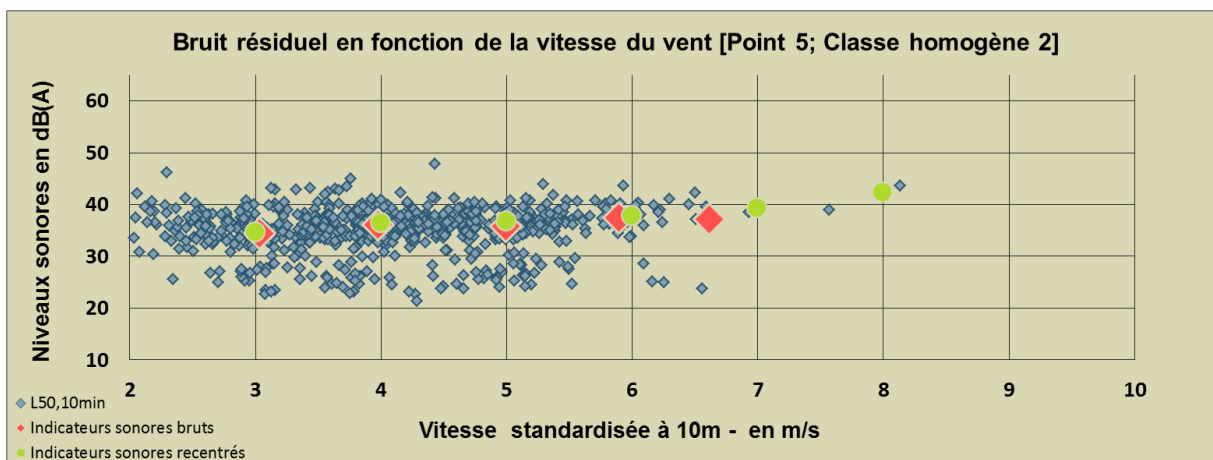
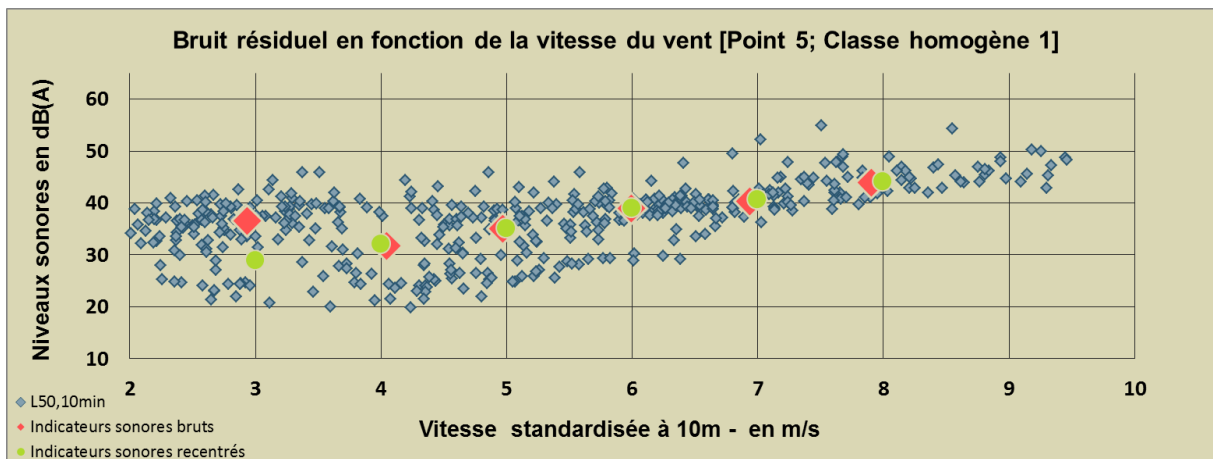
Effet du vent sur la végétation :	De nombreux arbres à proximité de la Maison
Animaux domestiques :	Présence de chiens et de chevaux
Animaux sauvages :	Présence importante d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	Peu ou non perceptibles
Infrastructures de transports :	Quelques passages de voiture sur la rue des Fauzières
Autres :	...

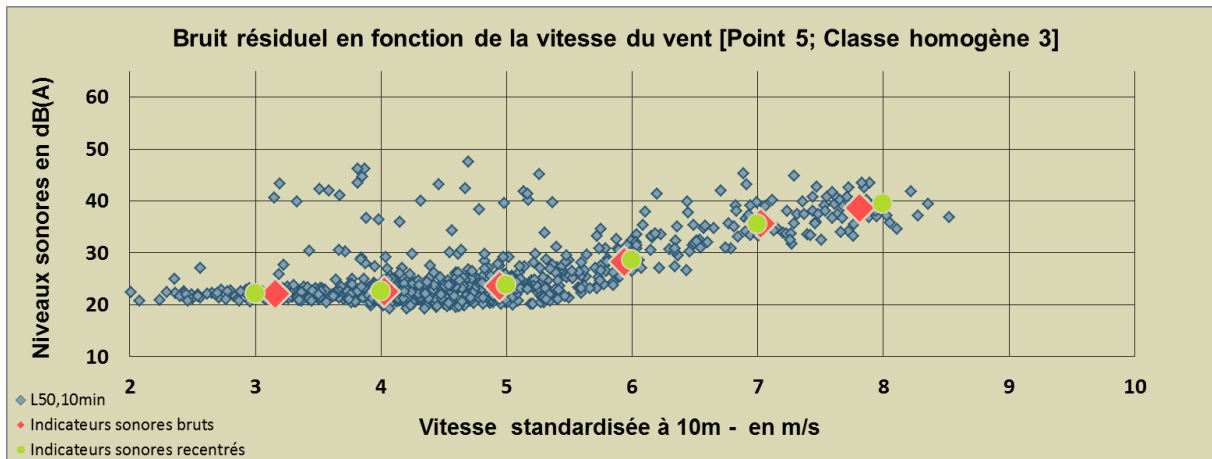
19.5.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.5.3 NUAGES DE POINTS



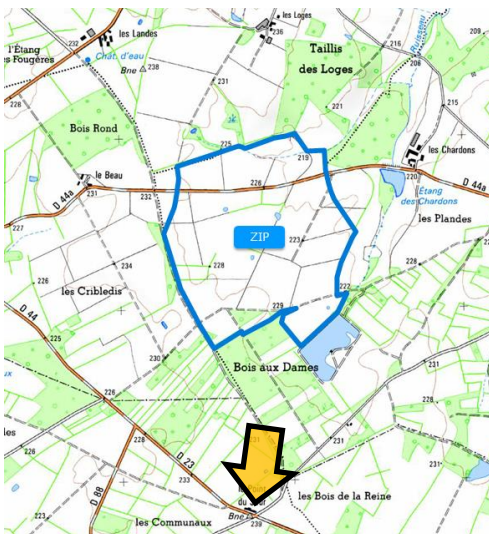


19.6 MESURE DE BRUIT AU POINT 6 [LE POINT DU JOUR]

19.6.1 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

Point ZER 6	Le Point du Jour
Adresse	Le Point du Jour, commune de Joliac (36)
Type de bâtiment	Maison individuelle, Etablissement agricole, Chenil
Coordonnées GPS	Y : 6587081 / X : 567792 (Lambert 93)
Périodes de mesure	Du 02/03/2016 au 17/03/2016

Sonomètres	Cube 10874
Distance par rapport à la façade la plus proche	2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m

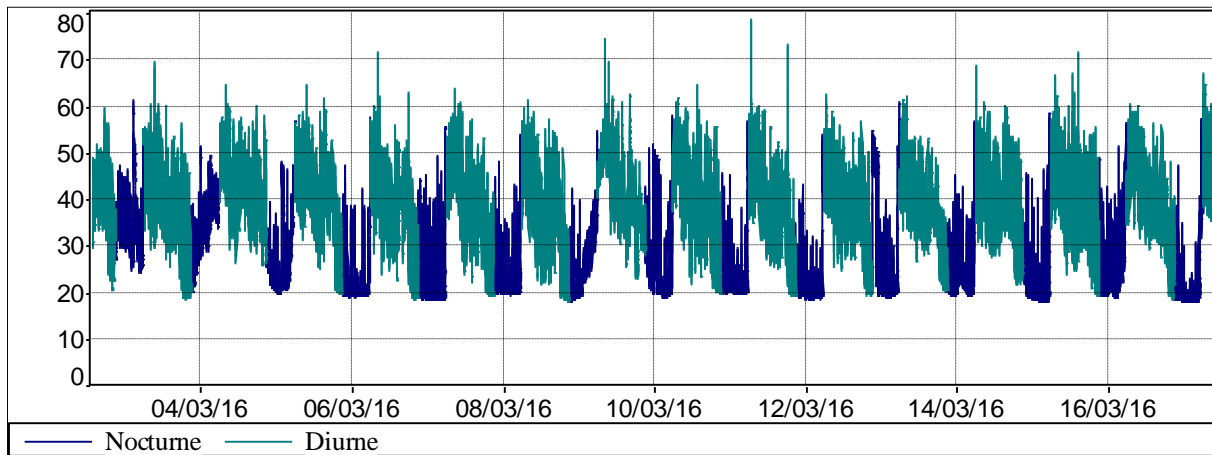


Sources de bruit identifiées

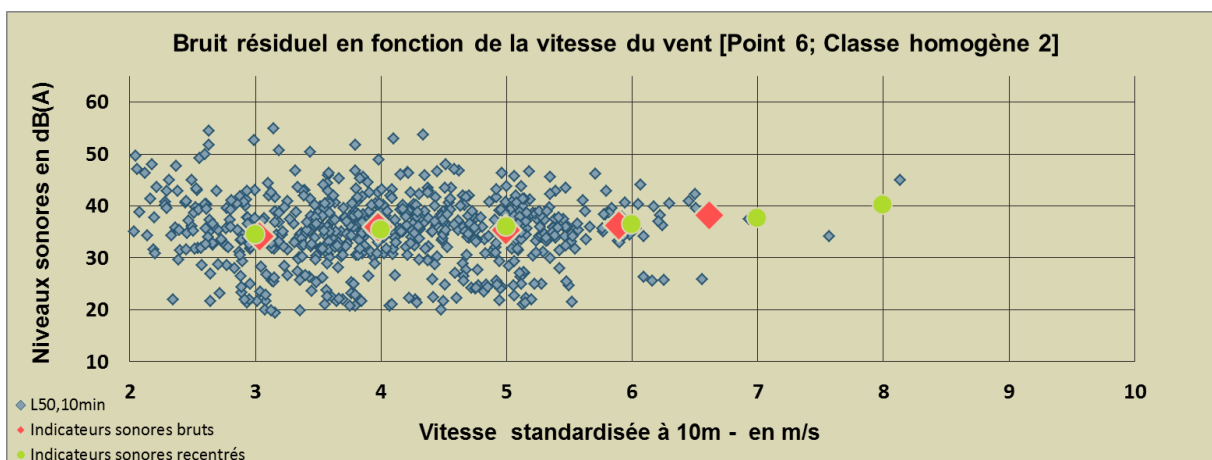
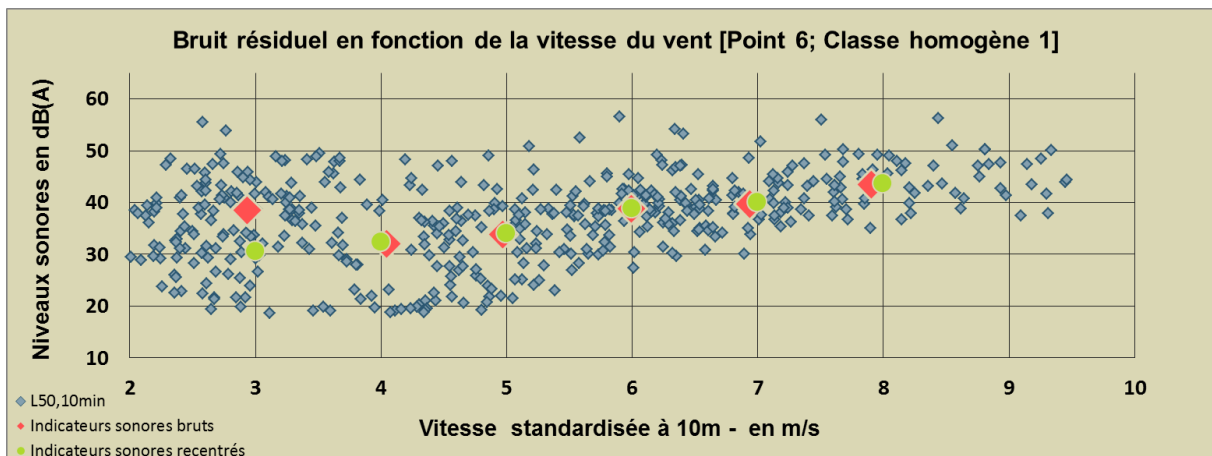
Effet du vent sur la végétation :	De nombreux feuillus à proximité de la Maison
Animaux domestiques :	Présence de nombreux chiens
Animaux sauvages :	Présence importante d'espèces avifaunes
Activités agricoles :	Faibles (des passages de tracteurs peuvent être observés)
Infrastructures de transports :	Quelques passages de voiture sur la route D23 à proximité
Autres :	...

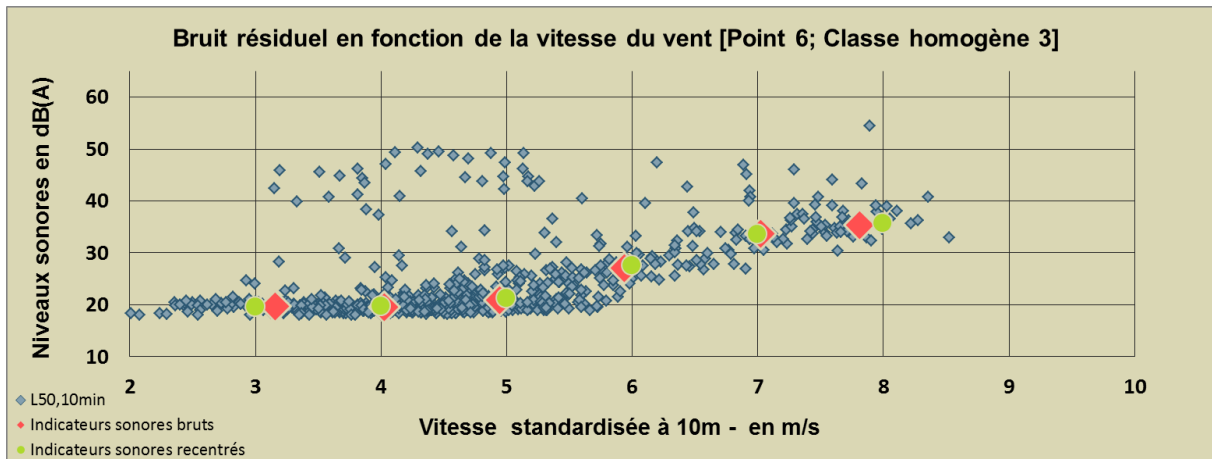
19.6.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures mars 2016 :



19.6.3 NUAGES DE POINTS





20 ANNEXE 6 : PARAMETRES DE CALCUL UTILISES

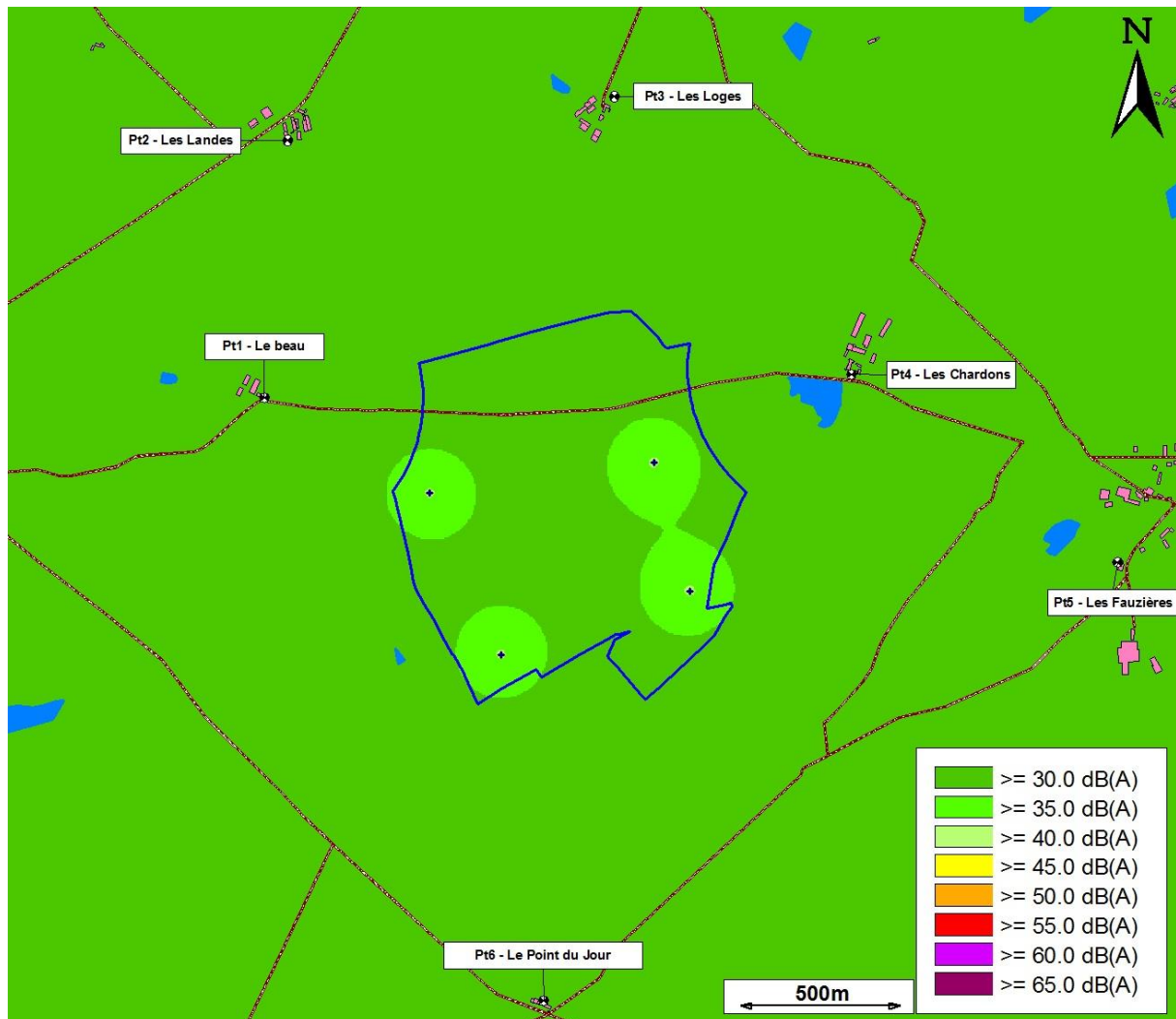
Paramètre	Valeur du paramètre
Norme de calcul	ISO 9613-2
Hauteur des récepteurs	1,5m
Absorption du sol	G = 0,7
Ordre de réflexion maximum	1
Paramètres météorologiques	Conditions modérées de propagation par vent portant dans toutes les directions (selon ISO 9613-2)
Conditions atmosphériques	T=20°C Humidité relative : 80%

21 ANNEXE 7 : CARTES DU BRUIT PARTICULIER

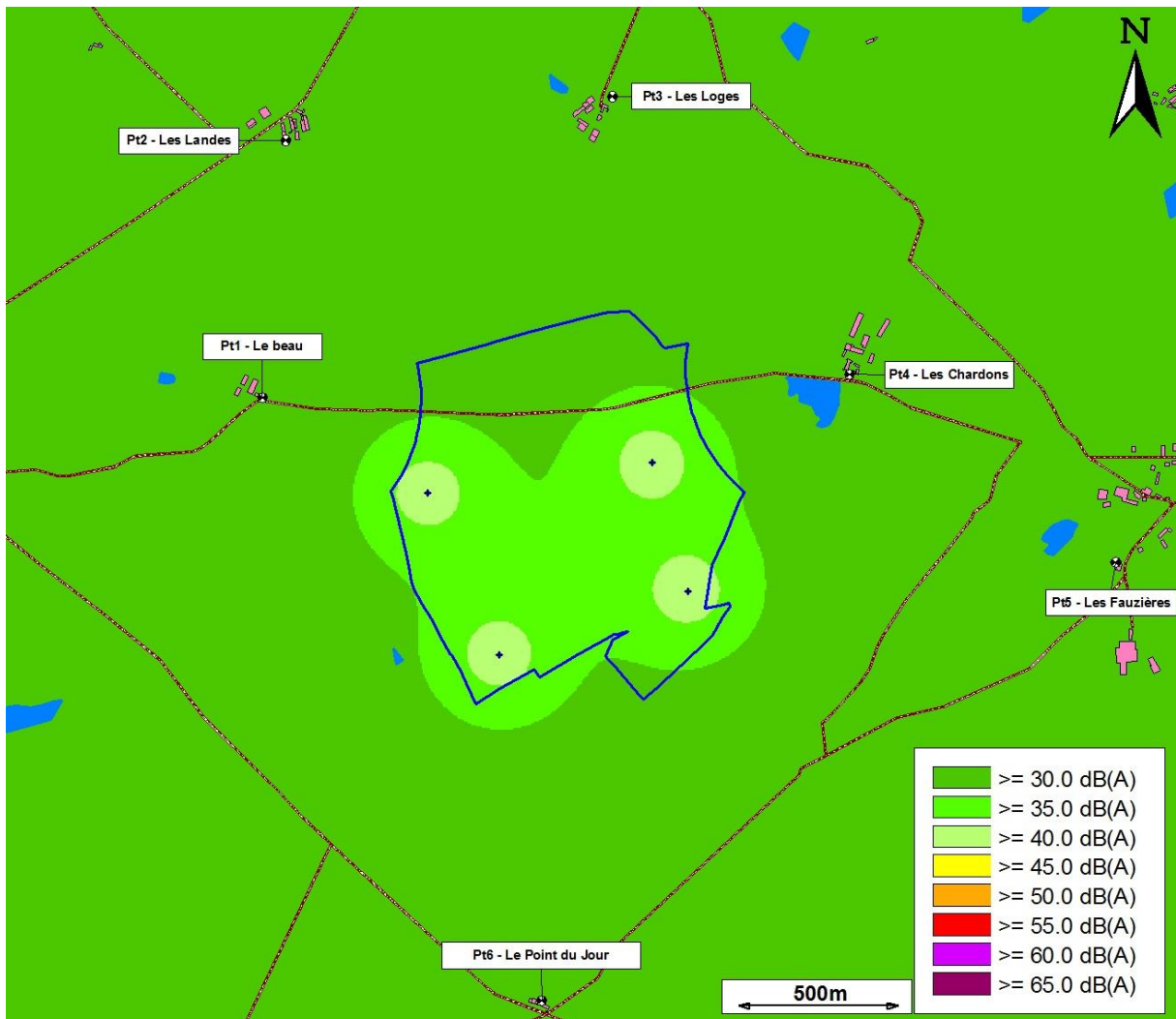
Les cartes ci-après représentent les niveaux sonores prévisionnels du bruit particulier.

21.1 FONCTIONNEMENT EN MODE STANDARD – V126R117 – 3,6MW - AVEC PALES STE

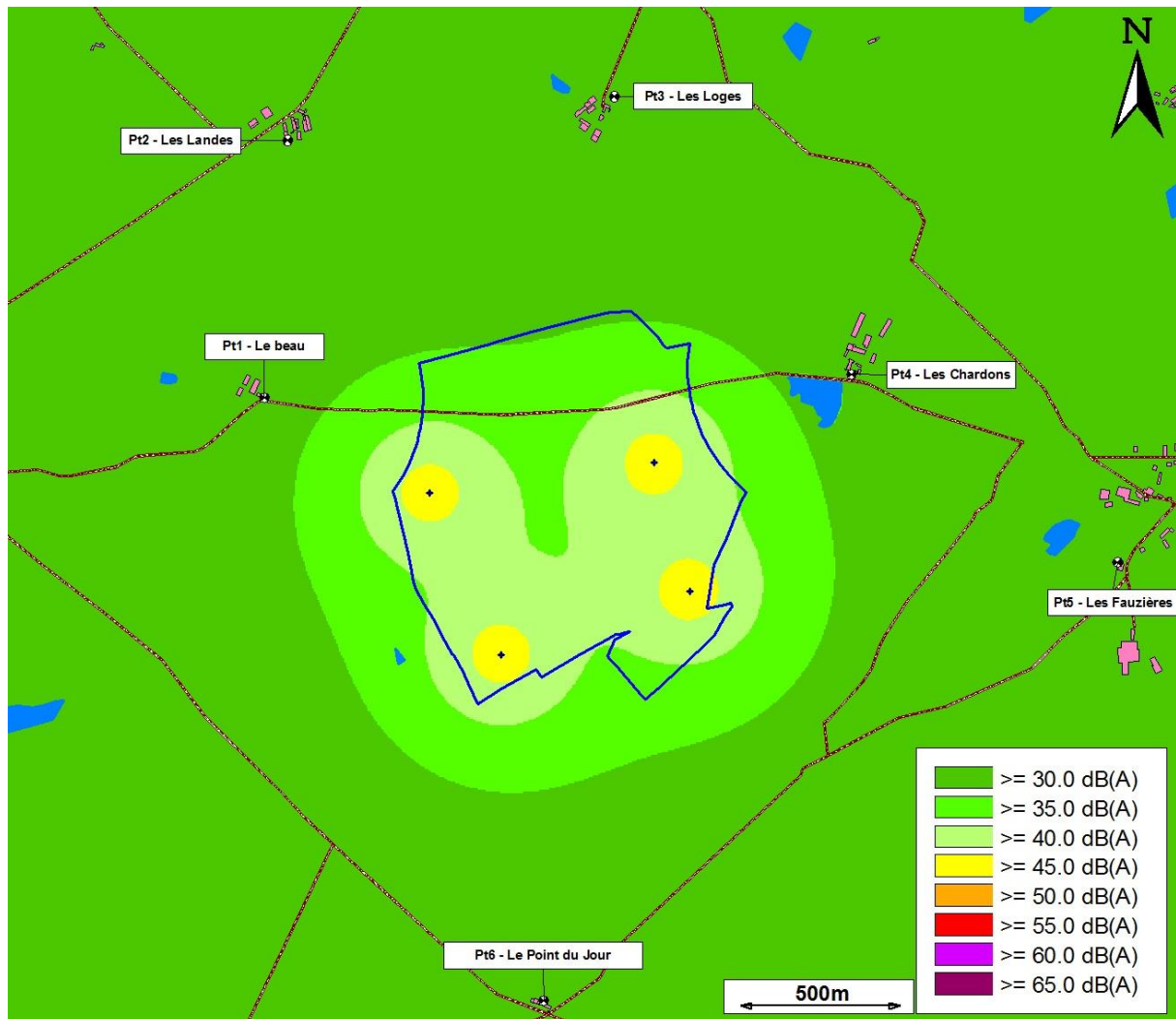
21.1.1 MODE STANDARD STE (Vs = 3M/S)

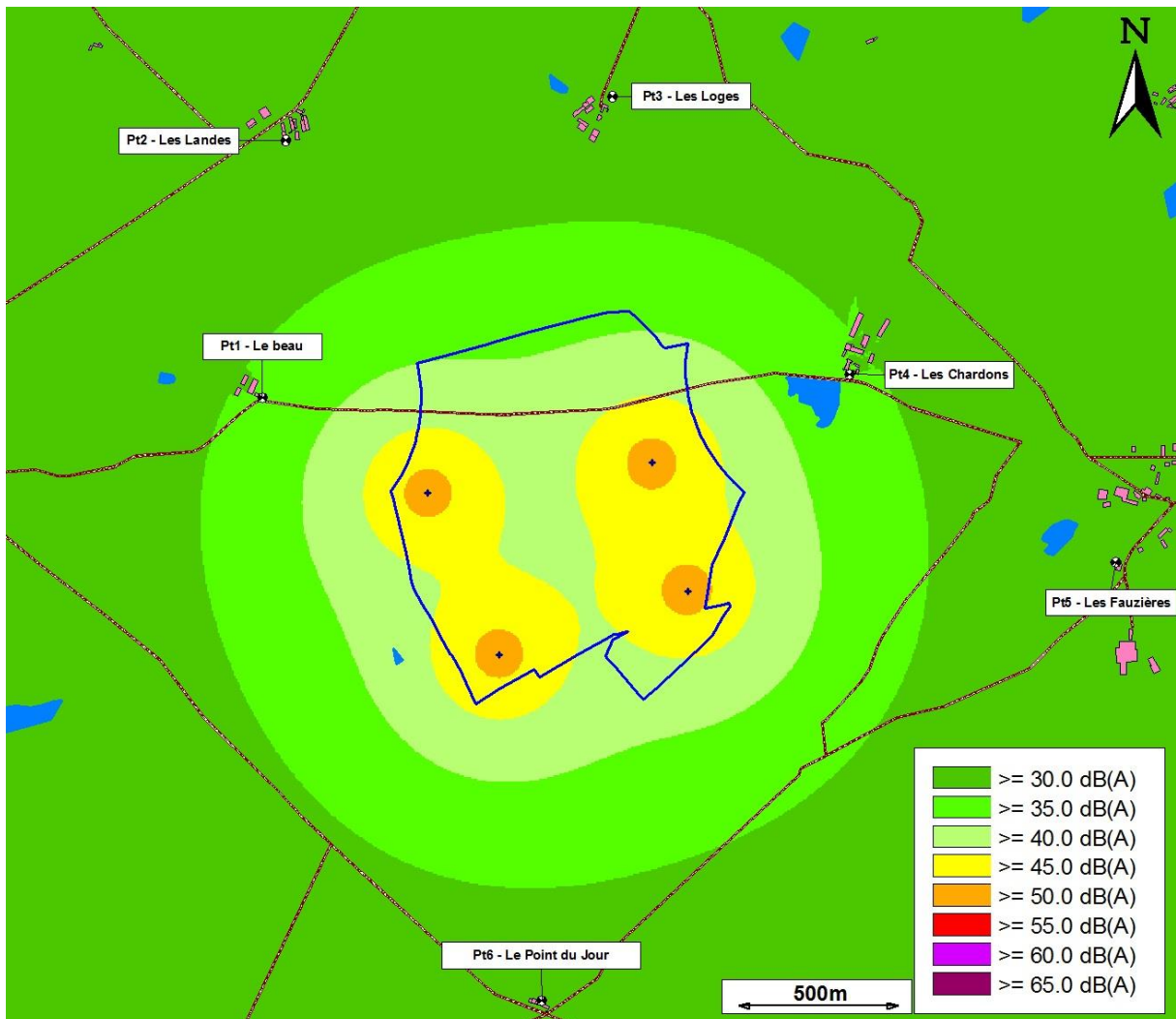


21.1.2 MODE STANDARD STE (Vs = 4M/S)

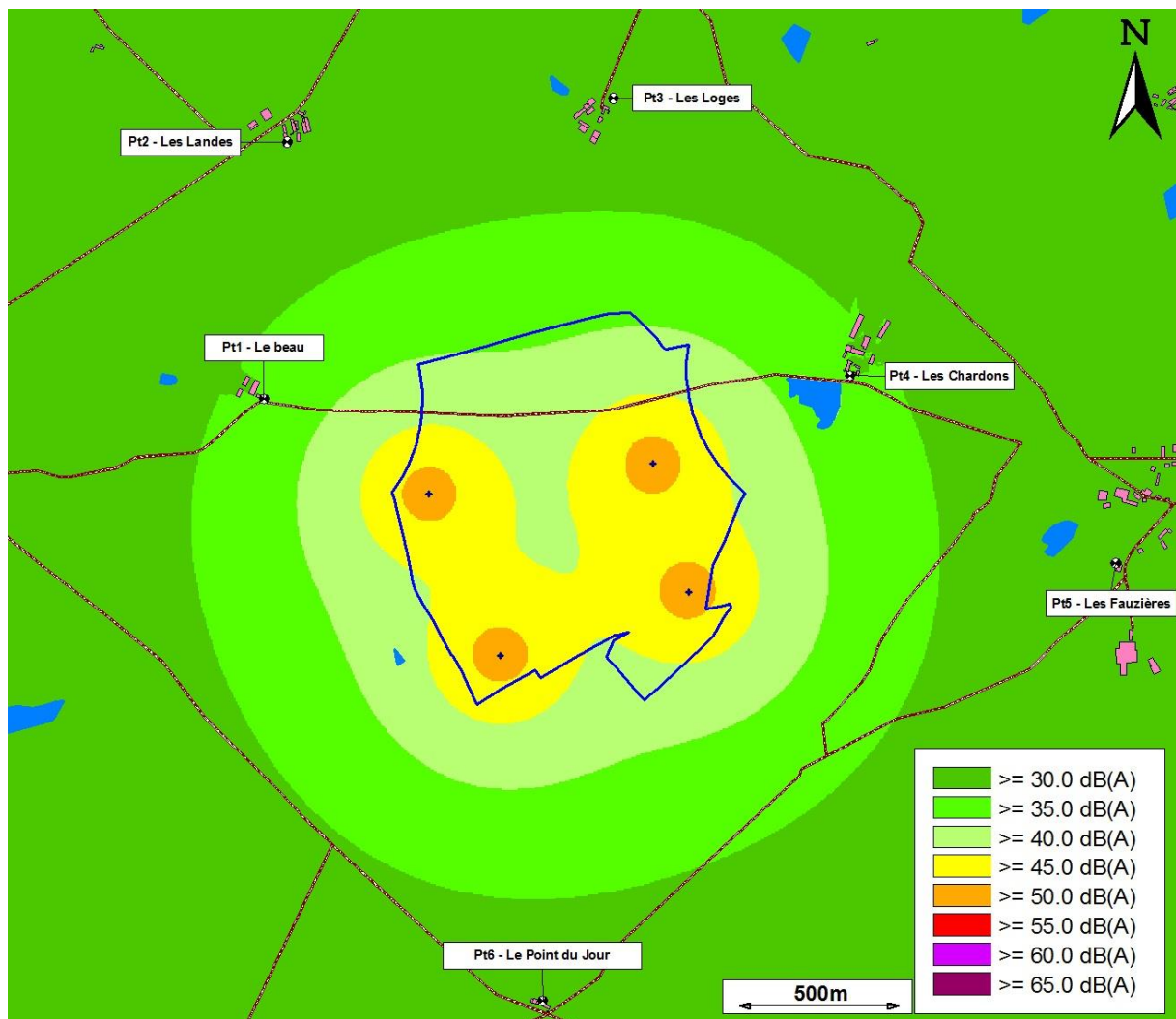


21.1.3 MODE STANDARD STE (Vs = 5M/S)



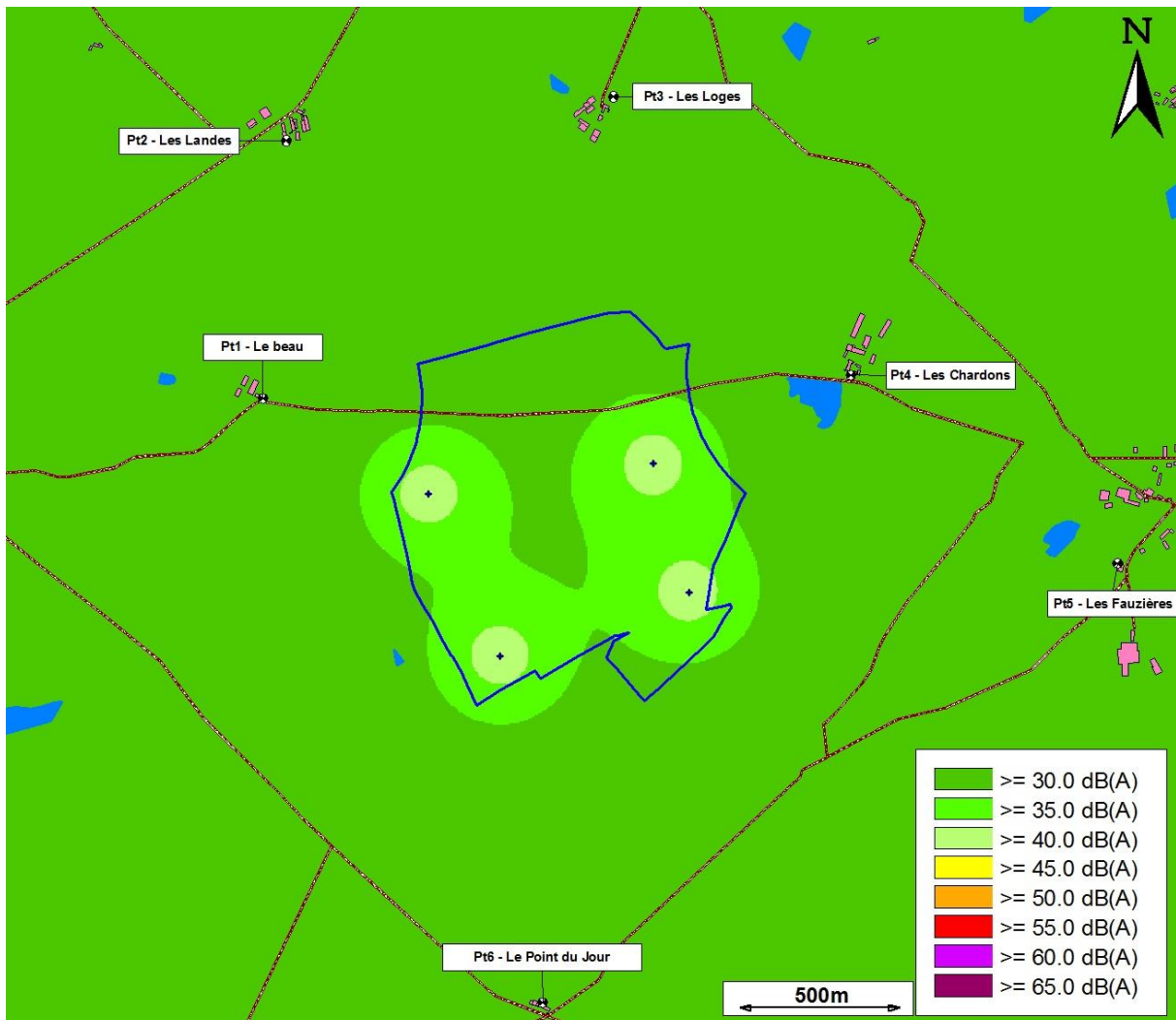
21.1.4 MODE STANDARD STE (Vs = 6M/S)

21.1.5 MODE STANDARD STE (Vs ≥ 7M/S)

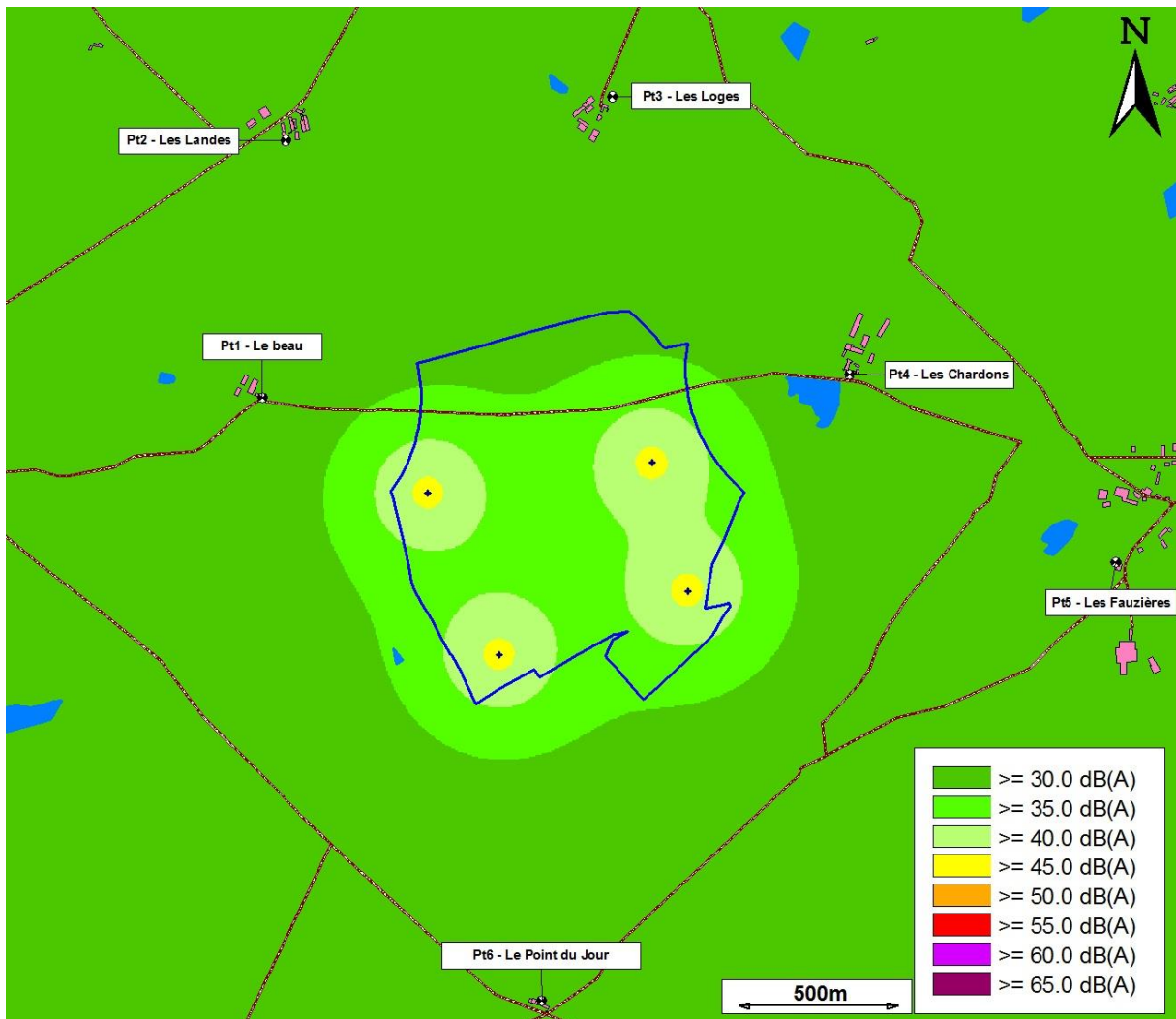


21.2 FONCTIONNEMENT EN MODE STANDARD – N131R114 – 3MW

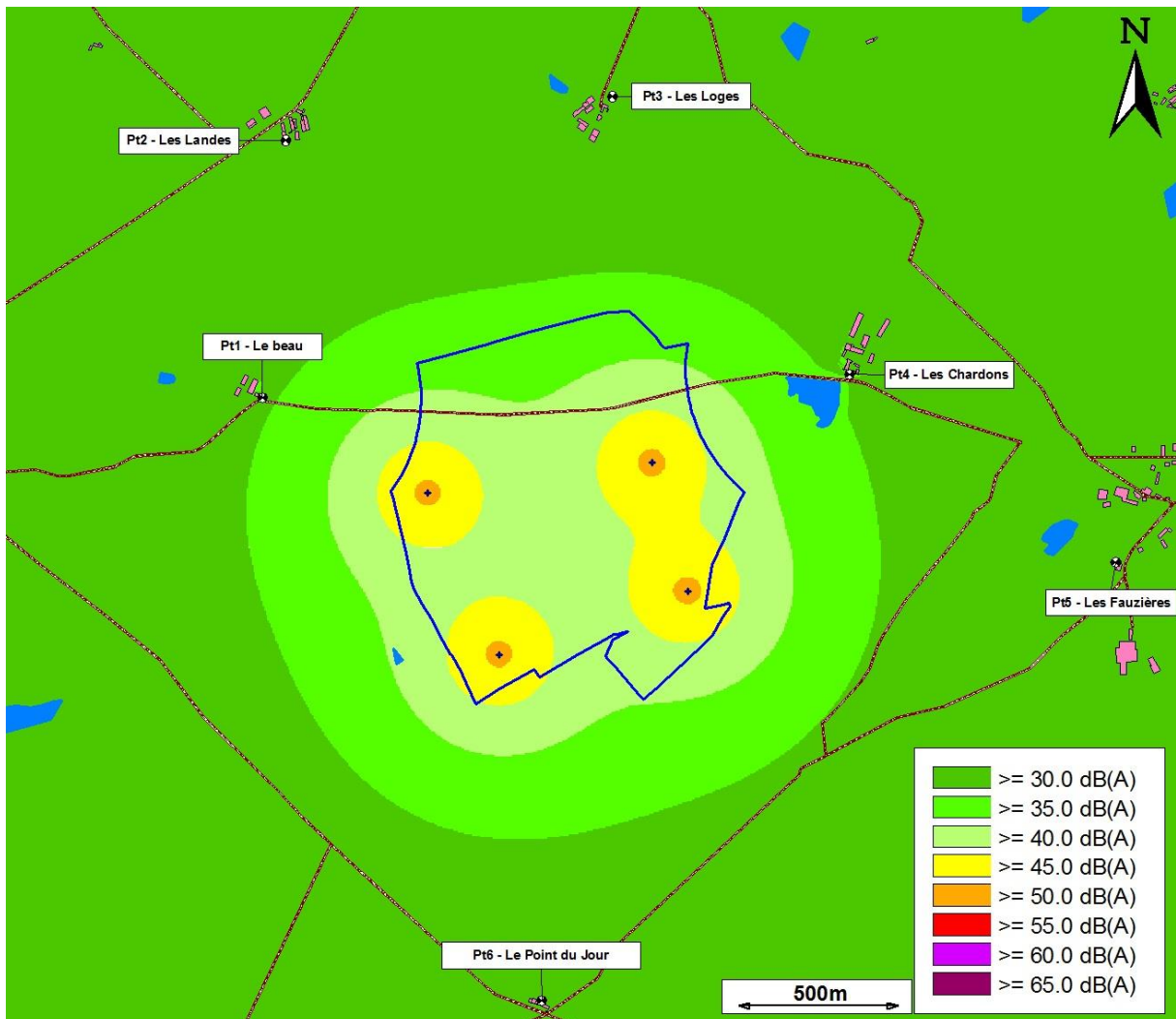
21.2.1 MODE STANDARD (Vs = 3M/S)



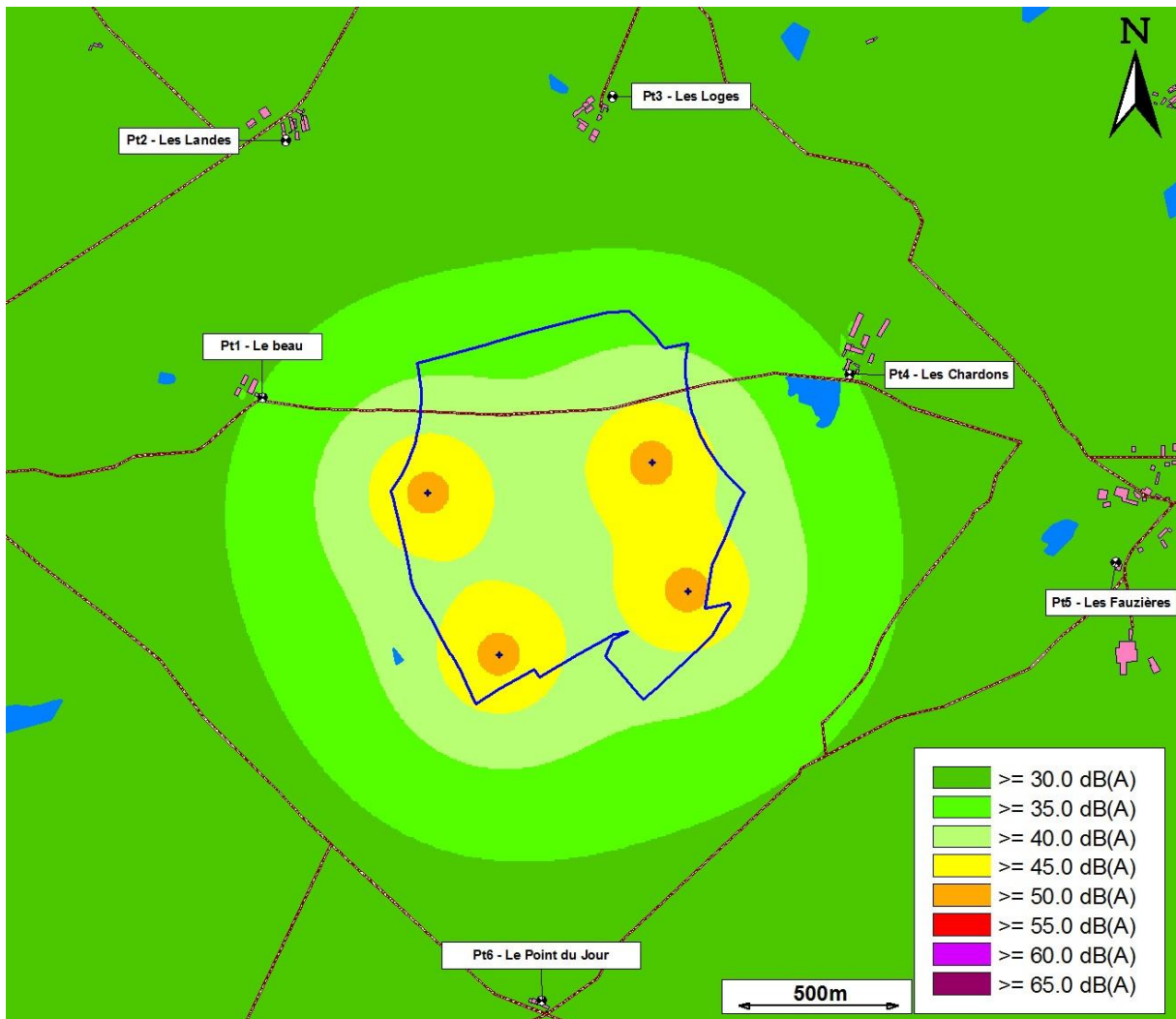
21.2.2 MODE STANDARD (VS = 4M/S)



21.2.3 MODE STANDARD (VS = 5M/S)



21.2.4 MODE STANDARD (VS = 6M/S)



21.2.5 MODE STANDARD (Vs ≥ 7M/S)

