

IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Bureau d'études environnement
Pôle Aménagement
du territoire

Objet du dossier :
Projet d'implantation
Parc éolien de
LANMEUR
Commune de
LANMEUR (29)

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

- MAI 2016 -

Version incluant les compléments pour
recevabilité (Janvier 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
SYSCOM
ZA des Métairies - Nivillac
56130 LA ROCHE-BERNARD
Tél. : 02.99.90.87.07





ECHO Acoustique SARL
1 rue du 29 Brumaire
42100 St Etienne
Tel : 04 69 35 20 68
FAX : 09 72 26 42 70
E-mail : contact@echo-acoustique.com

RAPPORT D'ETUDE ACOUSTIQUE

Projet de parc éolien de LANMEUR (29)
Etude d'impact

Saint-Etienne, le 11 décembre 2015

Rapport d'étude technique établi pour le compte de :



IMPACT ET ENVIRONNEMENT

Impact et Environnement

2 rue Avogadro
49070 BEAUCOUZE

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_2015_12_11_Lanmeur_Acoustique-A
Type de document	Rapport d'étude
Client	Impact et Environnement
Référence client	CL12000115
Responsable du contrat	Guillaume FILIPPI

Révision

A – 11/12/2015 – création du document
B – 15/12/2015 – correction I&E

Vérificateur

J. ABRIAL


Rédacteur

G. FILIPPI


Destinataires

Camille JEANNEAU
Philippe DOUILLARD
Julien ABRIAL
Guillaume FILIPPI

Société

Impact et Environnement
Impact et Environnement
ECHO Acoustique
ECHO Acoustique

1 SOMMAIRE

1	Sommaire.....	3
2	Introduction	5
3	Engagements d'ECHO Acoustique.....	5
4	Eléments de référence	6
5	Cadre réglementaire	6
5.1	Textes règlementaires et normes applicables.....	6
5.2	Critères réglementaires et seuils admissibles.....	6
5.2.1	Emergences dans les Zones à Emergence Réglementée (ZER).....	6
5.2.2	Niveaux sonores maximum au périmètre de mesure du bruit.....	7
5.2.3	Tonalités marquées.....	7
6	Glossaire.....	8
7	Méthodologie d'étude	9
8	Présentation du projet et de l'aire d'étude	10
8.1	Description sommaire de l'aire d'étude et le l'ambiance sonore actuelle	10
8.2	Implantation et type d'éoliennes étudiées.....	11
8.2.1	Implantation des éoliennes.....	11
8.2.2	Caractéristiques acoustiques de l'éolienne E82R69 – 2,35MW.....	11
9	Détermination des niveaux sonores résiduels	12
9.1	Mesures acoustiques	12
9.1.1	Période de mesures	12
9.1.2	Emplacement des points de mesures.....	13
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 (VS)	14
9.2.3	Analyse de la représentativité des conditions météorologiques.....	15
9.2.4	Classes homogènes étudiées	16
9.3	Analyse du bruit résiduel	16
9.3.1	Traitement des données	16
9.3.2	Calcul des indicateurs acoustiques réglementaires.....	16
9.3.3	Niveaux sonores résiduels	17
10	Calcul du bruit particulier	18
10.1	Bruit particulier	18
10.2	Prise en considération des incertitudes	19
11	Evaluation de l'impact acoustique du projet.....	20
11.1	Calcul des émergences prévisionnelles.....	20
11.2	Niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit	22
11.3	Tonalités marquées.....	23
11.4	Observations.....	23
12	Conclusion générale de l'étude.....	25
13	Annexe 1 – Table des figures	27
14	Annexe 2 – Table des tableaux	27
15	Annexe 3 - Notions élémentaires en acoustique	28
15.1	Le niveau de bruit.....	28
15.2	La fréquence	28
15.3	Perception auditive.....	29
15.4	Spécificités du bruit généré par les éoliennes.....	30

16	Annexe 4 - Matériel de mesure utilisé.....	31
17	Annexe 5 - Fiches de mesures	33
17.1	Mesure de bruit au point 1 [Pen ar C'hra]	33
17.1.1	Emplacement du point de mesure	33
17.1.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	34
17.1.3	Nuages de points.....	34
17.2	Mesure de bruit au point 2 [Créach Hervé]	35
17.2.1	Emplacement du point de mesure	35
17.2.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	36
17.2.3	Nuages de points.....	36
17.3	Mesure de bruit au point 3 [Touldon]	37
17.3.1	Emplacement du point de mesure	37
17.3.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	38
17.3.3	Nuages de points.....	38
17.4	Mesure de bruit au point 4 [Kervoac Huella].....	39
17.4.1	Emplacement du point de mesure	39
17.4.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	40
17.4.3	Nuages de points.....	40
17.5	Mesure de bruit au point 5 [Kerugou]	41
17.5.1	Emplacement du point de mesure	41
17.5.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	42
17.5.3	Nuages de points.....	42
17.6	Mesure de bruit au point 6 [Penn An Alé]	43
17.6.1	Emplacement du point de mesure	43
17.6.2	Evolution temporelle des niveaux sonores bruts	44
17.6.3	Nuages de points.....	44
18	Annexe 6 - Paramètres de calcul.....	45
19	Annexe 7 - Cartes du bruit particulier.....	46
19.1	Fonctionnement en mode standard	46
19.1.1	Mode standard ($V_s \leq 5\text{m/s}$)	46
19.1.2	Mode standard ($V_s = 6\text{m/s}$)	47
19.1.3	Mode standard ($V_s = 7\text{m/s}$)	48
19.1.4	Mode standard ($V_s \geq 8\text{m/s}$)	49

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 LANMEUR (29). La société **SYSCOM** 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 principales phases suivantes:

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

Le projet de parc éolien de LANMEUR est composé de trois éoliennes de type ENERCON E82 (hauteur de moyeu de 69m) développant chacune une puissance de 2,35MW.

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

La présente étude a été réalisée selon les éléments de référence suivants :

- ✓ Proposition technique et financière N° PTF1309-20230, établie par ECHO Acoustique
- ✓ Documentation technique:
 - E-82 E4 2350 kW
 - D0390911-1_#_en_#_Betriebsmodi_E-82_E4___2350_kW_mit_TES
 - SIAS-04-SPL E-82 E4 Red Rev1_0-eng-eng
- ✓ Coordonnées et altimétrie des éoliennes fournies par **SYSCOM**

5 CADRE REGLEMENTAIRE

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, entre autres, 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 EN ZONES A EMERGENCE REGLEMENTEE (ZER)

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

Niveau de bruit ambiant	Emergence admissible pour la période « diurne » de 7h00 à 22h00	Emergence admissible pour la période « nocturne » de 22h00 à 7h00
Supérieur à 35dB(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:

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 MAXIMUM 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.

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 marqués – 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 de l'établissement 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'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'autorisation.

Bruit particulier

Dans le présent cas, le bruit particulier correspond au bruit provenant seulement 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 haut.

Classe Homogène

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

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.

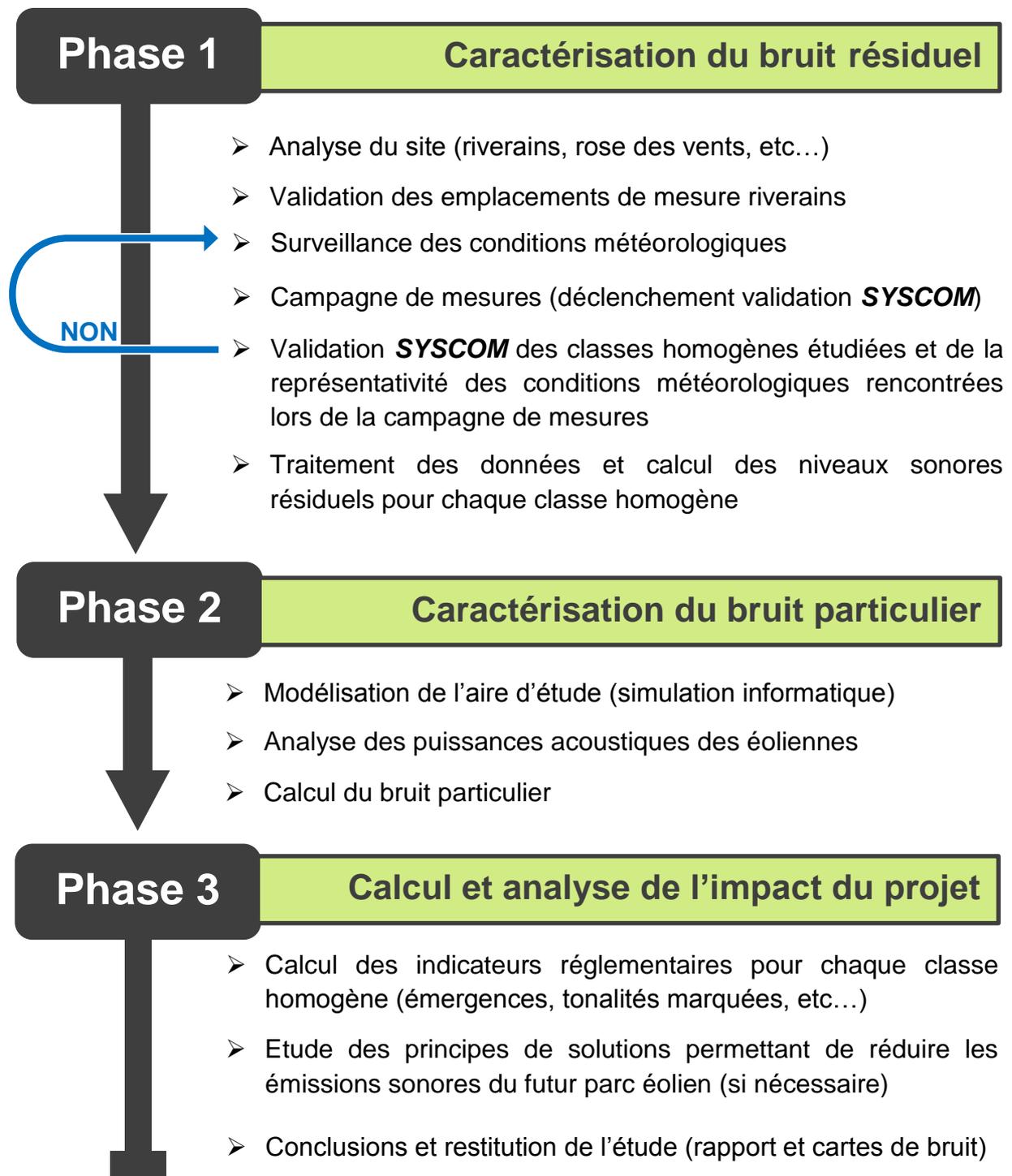


Figure 1 : Méthodologie de l'étude d'impact

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

8.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'AIRE D'ETUDE ET LE L'AMBIANCE SONORE ACTUELLE

L'aire d'étude est située en milieu rural sur la commune de LANMEUR, dans le département du FINISTERE (29). Elle est principalement composée de terrains agricoles et de zones boisées. Le terrain est légèrement vallonné.

L'ambiance sonore du site est modérée et principalement composée des bruits provenant des sources suivantes:

- ✓ Route départementale D786 (2 * 1 voies – 90km/h)
- ✓ Route départementale D64 (2 * 1 voies – 90km/h)
- ✓ Route et chemins de desserte locale
- ✓ Activités agricoles
- ✓ Bruit de la végétation engendrée par le vent

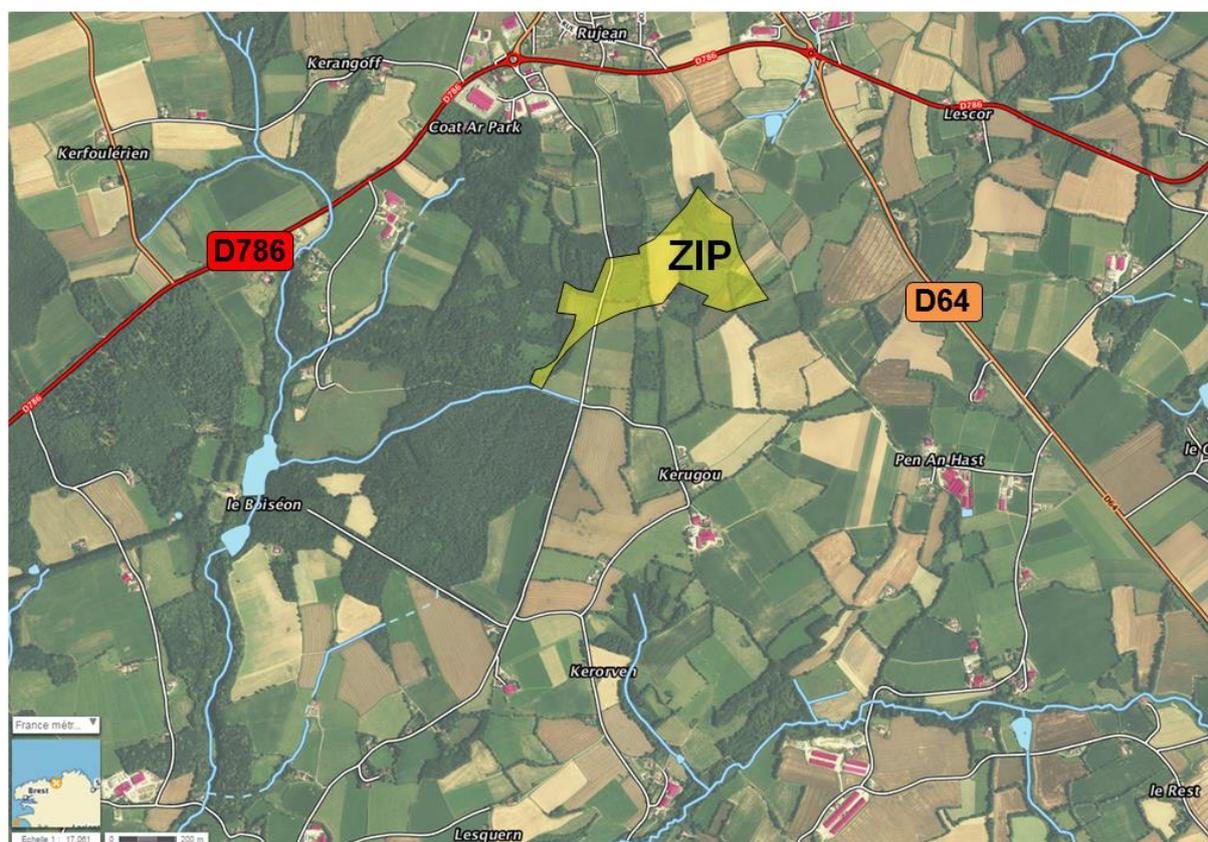


Figure 2 : Présentation de la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP)

8.2 IMPLANTATION ET TYPE D'ÉOLIENNES ÉTUDIÉES

8.2.1 IMPLANTATION DES ÉOLIENNES

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

	Coordonnées (Lambert 93)	Commune
E1	X : 206074 Y : 6858100	LANMEUR
E2	X : 205710 Y : 6857823	LANMEUR
E3	X : 205415 Y : 6857598	LANMEUR

Tableau 4 : Coordonnées des éoliennes

 La figure 3 ci-après présente notamment la localisation des éoliennes

8.2.2 CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES DE L'ÉOLIENNE E82R69 – 2,35MW

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 E82 – 2,35MW dont le moyeu se situe à 69m 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_{HH} à hauteur de moyeu). Ces données sont fournies par la société **ENERCON**.

V_{HH} (en m/s)	7	8	9	10	11	12	≥ 13
Mode 0 (Standard) 2,35MW (dB(A))	96,9	99,9	102,1	103,5	104,0	104,0	104,0

Tableau 5 : Puissance acoustique des éoliennes E82R69 – Mode standard

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

V _{HH} (en m/s)	7	8	9	10	11	12	≥13
Mode 0 - TES 2,35MW (dB(A))	96,3	98,8	100,5	101,6	102,0	102,0	102,0
2,0MW (dB(A))	96,9	99,9	102,1	103,5	103,5	103,5	103,5
1,5MW (dB(A))	96,9	99,9	102,1	102,9	103,1	103,1	103,1
1,0MW (dB(A))	96,9	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5

Tableau 6 : Modes réduits et mode TES (valeurs 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.

9 DETERMINATION DES NIVEAUX SONORES RESIDUELS

La détermination des niveaux sonores résiduels (avant implantation des éoliennes) est basée sur la réalisation de mesures *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 MESURES

Le choix de la période de mesures 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. Cette période est en effet jugée suffisamment longue pour caractériser l'effet de ces paramètres sur les niveaux sonores actuels.

Par ailleurs, l'effet du vent sur la végétation constitue 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

La campagne de mesure de bruit a été réalisée en septembre 2015, c'est-à-dire en période « avec feuilles ».

9.1.2 EMPLACEMENT DES POINTS DE MESURES

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

Le tableau ci-après présente les emplacements de mesures retenus :

Point	Adresse / Lieu-dit
R1	Pen ar C'hra
R2	Créach Hervé
R3	Touldon
R4	Kervoac Huella
R5	Kerugou
R6	Penn An Alé

Tableau 7: Emplacements étudiés

Les mesures de bruit ont été effectuées aux emplacements des **points R1 à R6 en septembre 2015**.

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

Le plan suivant permet de localiser les emplacements de mesures :

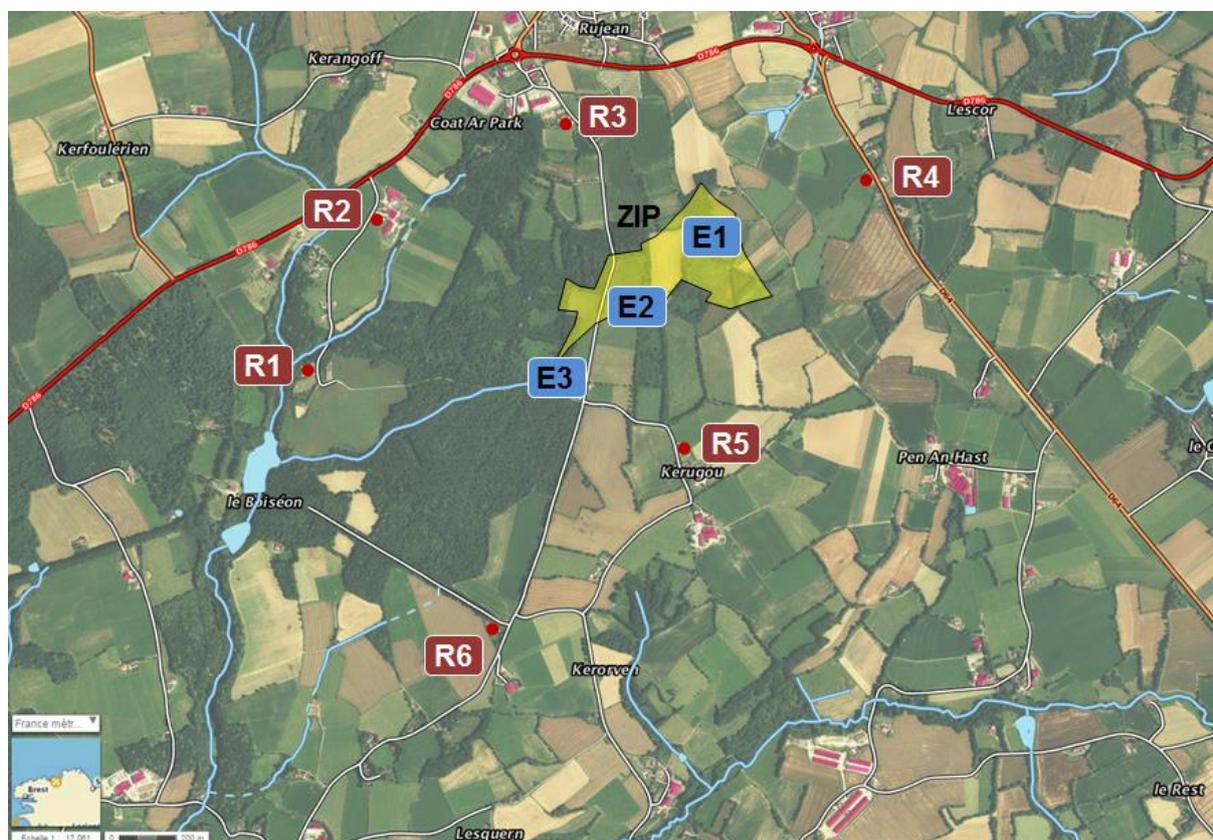


Figure 4 : Emplacements des points de mesure et des éoliennes

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 simultanée des mesures de bruit.

9.2.1 MISE EN ŒUVRE DES STATIONS METEOROLOGIQUES

Pour le présent projet, à la date de réalisation des mesures acoustiques, aucun mât de mesure des conditions de vent n'était exploité par **SYSCOM**. Par conséquent, les données météorologiques utilisées pour le reste de l'étude sont issues de la station mise en œuvre par ECHO Acoustique sur un mât de mesure de 10m de hauteur.

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 déterminer, par pas de 10min, les vitesses de vent standardisées (Vs – rapportées à une hauteur de 10m). Dans le cadre de la présente étude,

les valeurs de vitesses de vent standardisées sont les vitesses mesurées directement à 10m de hauteur par la station météorologique d'ECHO Acoustique.

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 étudiées.

Les roses des vents des conditions rencontrées durant la campagne de mesures acoustiques sont présentées ci-après :

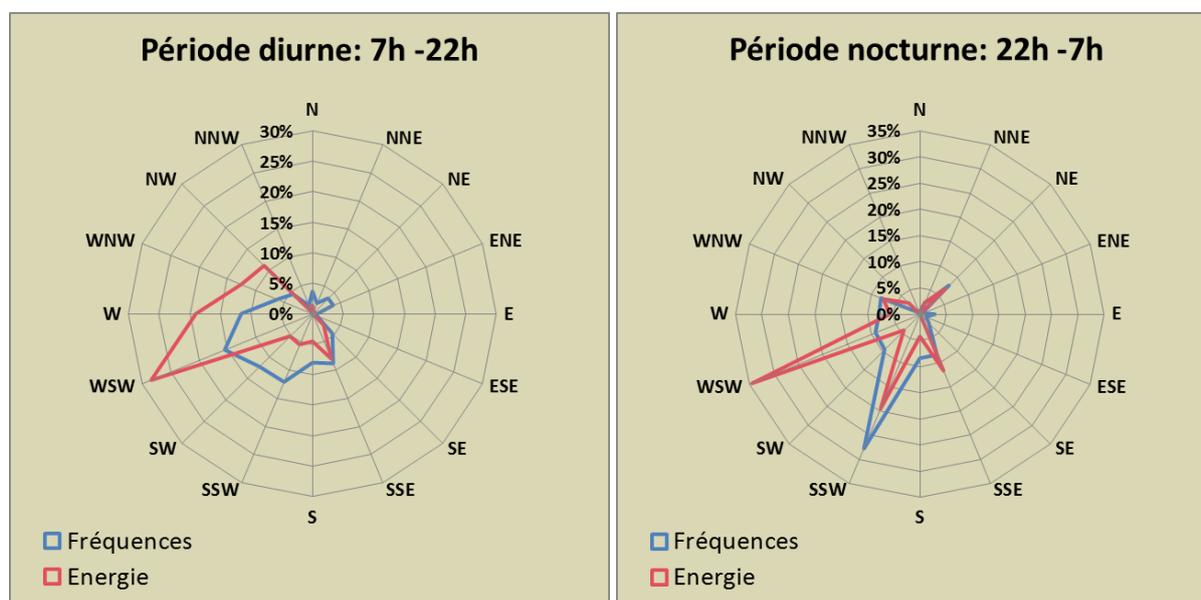


Figure 5 : Roses des vents diurnes et nocturnes (mesures en septembre 2015)

✓ Observations :

L'analyse des roses des vents établies à partir des données mesurées durant la campagne acoustique permet d'identifier un secteur principal de vent : le secteur Sud-Ouest. Dans une moindre mesure, le secteur Nord-Est est également, avec des vitesses de vent relativement faibles

Les conditions de vent rencontrées durant la réalisation des mesures acoustiques sont jugées représentatives des conditions de vent habituelles du site (secteurs Sud-Ouest et Nord-Est).

Par ailleurs, l'analyse des mesures acoustiques montre que la direction du vent a peu d'influence sur les niveaux sonores résiduels. Les classes homogènes (cf paragraphe suivant) traiteront de l'ensemble des directions de vent, sans distinction.

9.2.4 CLASSES HOMOGENES ETUDIEES

Au regard des éléments précédemment évoqués, deux classes homogènes sont étudiées dans le présent rapport :

	Classe Homogène 1	Classe Homogène 2
Période	Diurne	Nocturne
Horaires	7h-22h	22h-7h
Secteurs de vent considérés	Toutes directions	Toutes directions
Vitesses de vent considérées (V_s)	3 à 10m/s	3 à 10m/s
Spécificité	sans pluie	sans pluie

Tableau 8 : classes homogènes étudiées

9.3 ANALYSE DU BRUIT RESIDUEL

9.3.1 TRAITEMENT DES DONNEES

Les données acoustiques mesurées ont été traitées en vue d'éliminer les sources de bruit non représentatives de l'ambiance sonore habituelle. Ce traitement permet d'optimiser la pertinence des résultats dans le sens où tous les événements acoustiques non représentatifs sont exclus du calcul des indicateurs acoustiques réglementaires.

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

9.3.2 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 et chaque point de mesure. Tous les nuages de points sont présentés en annexe 3.

✓ 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 calculés, 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. 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.

9.3.3 NIVEAUX SONORES RESIDUELS

Les tableaux suivants présentent les niveaux sonores du bruit résiduel, pour chaque classe homogène. Tous les nuages de points sont répertoriés en annexe 5 du présent document.

Classe homogène	1	Niveaux sonores résiduels en dB(A)							
Emplacement	R	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	>10 m/s
Pen ar C'hra	1	36,1	39,0	41,9	44,7	46,3	48,5	50,7	52,9
Chréach Hervé	2	46,4	49,3	51,8	52,5	53,4	54,5	55,6	56,7
Touldon	3	38,5	41,4	43,9	46,7	48,6	51,1	53,6	56,1
Kervouac Huella	4	43,8	45,3	47,1	49,5	49,9	52,0	54,0	56,0
Kerugou	5	36,0	38,5	42,0	46,3	48,1	50,3	52,5	54,7
Penn An Alé	6	33,4	35,8	39,1	44,1	47,5	51,2	54,4	57,6

Tableau 9 : Bruit résiduel – classe homogène 1

Classe homogène	2	Niveaux sonores résiduels en dB(A)							
Emplacement	R	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	>10 m/s
Pen ar C'hra	1	34,9	37,2	40,3	43,0	45,7	47,8	49,9	52,0
Chréach Hervé	2	30,6	36,9	42,6	46,2	48,6	51,0	53,4	55,8
Touldon	3	32,7	36,5	40,7	43,5	46,3	49,1	51,9	54,7
Kervouac Huella	4	32,4	38,5	42,3	44,7	47,1	49,5	51,9	54,3
Kerugou	5	34,4	38,9	43,8	46,5	48,4	50,3	52,2	54,1
Penn An Alé	6	32,2	38,1	43,5	46,5	48,7	50,9	53,1	55,3

Tableau 10 : Bruit résiduel – classe homogène 2

10 CALCUL DU BRUIT PARTICULIER

Afin d'évaluer le bruit particulier en provenance du projet de parc éolien de LANMEUR, 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 **ENERCON** (cf chapitre 8.2.2).

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 et des visites de site réalisées. Le détail des paramètres de calcul est présenté en annexe 6.

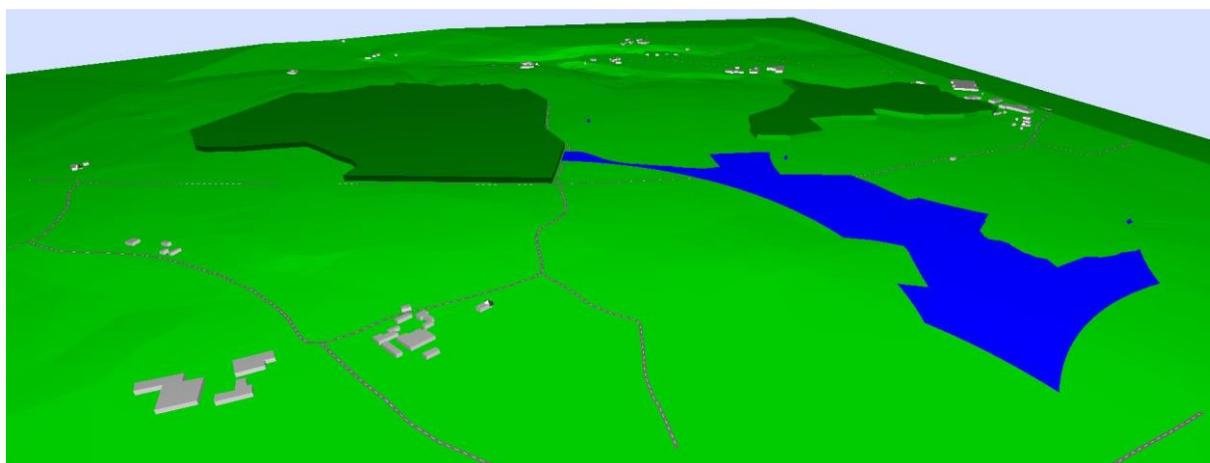


Figure 6 : Vue en 3D du projet modélisé sous CadnaA

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 les plus élevés et donc les plus protecteurs pour les riverains).

10.1 BRUIT PARTICULIER

Le calcul du bruit particulier permet d'évaluer les niveaux sonores prévisionnels pour chaque point de mesure étudié. Le bruit particulier correspond au seul bruit du futur parc éolien, sans prendre en considération le bruit ambiant actuel.

Les niveaux sonores calculés dépendent de la vitesse de vent à hauteur de moyeu influant sur le niveau de puissance acoustique des éoliennes. Ces dernières, fournies par **ENERCON**, restent identiques pour une même vitesse de vent et pour toutes les classes homogènes. En ce sens, un seul tableau de résultats est présenté dans ce paragraphe.

E82R69		Niveaux du bruit particulier en dB(A)							
Emplacement	R	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	>10 m/s
Pen ar C'hra	1	21,3	21,3	21,3	25,4	28,0	29,0	29,0	29,0
Chrêach Hervé	2	28,1	28,1	28,1	32,2	34,8	35,8	35,8	35,8
Touldon	3	30,9	30,9	30,9	35,0	37,6	38,6	38,6	38,6
Kervouac Huella	4	30,4	30,4	30,4	34,5	37,1	38,1	38,1	38,1
Kerugou	5	33,3	33,3	33,3	37,4	40,0	41,0	41,0	41,0
Penn An Alé	6	24,9	24,9	24,9	29,0	31,6	32,6	32,6	32,6

Tableau 11 : Bruit particulier – toutes classes homogènes

 Les cartes du bruit particulier sont disponibles en annexe 7.

10.2 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 d'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 terme « * » signifie que les niveaux sonores concernés ont été interpolés ou extrapolés en raison d'un nombre trop faible d'échantillons disponibles (inférieur à 10).

Classe homogène		1 Incertitudes associées aux niveaux sonores résiduels en dB(A)							
Emplacement	R	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	>10 m/s
Pen ar C'hra	1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	*	*	*
Chrêach Hervé	2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	*	*	*
Touldon	3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	*	*	*
Kervouac Huella	4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	*	*	*
Kerugou	5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,7	*	*	*
Penn An Alé	6	1,3	1,3	1,4	1,5	1,9	*	*	*

Tableau 12 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 1

Classe homogène		2 Incertitudes associées aux niveaux sonores résiduels en dB(A)							
Emplacement	R	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	>10 m/s
Pen ar C'hra	1	1,4	1,4	1,4	*	*	*	*	*
Chr'éach Hervé	2	1,3	1,7	2,3	*	*	*	*	*
Touldon	3	1,3	1,4	1,7	*	*	*	*	*
Kervouac Huella	4	1,3	1,6	1,5	*	*	*	*	*
Kerugou	5	1,3	1,5	1,6	*	*	*	*	*
Penn An Alé	6	1,5	1,6	1,8	*	*	*	*	*

Tableau 13 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 2

- ✓ **Puissance acoustique des éoliennes.** La puissance acoustique des éoliennes est fournie par la société **ENERCON**. Ces données sont établies à partir de mesures de bruit sur site, puis à l'aide d'une approche statistique intégrant les incertitudes de mesures associées. Les normes CEI 61400-11 et CEI61400-14 détaillent la méthodologie suivie. Selon les informations disponibles dans la documentation fournie par **Enercon**, les données sont fournies avec un intervalle de confiance de 95% ($k = 2dB$).
- ✓ **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 cependant être considérés. Cette norme de calcul précise qu'une incertitude de 3dB(A) est associée au calcul des niveaux sonores pour une distance source/récepteur supérieure à 100m.

Par ailleurs, la norme NF S 31-010 stipule dans les principes méthodologiques que le « résultat final des mesures est arrondi au demi-décibel le plus proche dans tous les cas, hors procédure de calibrage ».

Afin de limiter ces sources d'incertitudes, dans l'année suivant la mise en service du parc éolien, une mesure de bruit *in situ* sera réalisée, **conformément à la réglementation**.

11 EVALUATION DE L'IMPACT ACOUSTIQUE DU PROJET

11.1 CALCUL DES EMERGENCES PREVISIONNELLES

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

Emplacement	#	3 m/s					4 m/s					5 m/s					6 m/s					7 m/s					8 m/s					9 m/s					10 m/s				
		Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C
Pen ar C'hra	1	36,1	21,3	36,0	0,0		39,0	21,3	39,0	0,0		41,9	21,3	42,0	0,0		44,7	25,4	44,5	0,0		46,3	28,0	46,5	0,0		48,5	29,0	48,5	0,0		50,7	29,0	50,5	0,0		52,9	29,0	53,0	0,0	
Chrêach Hervé	2	46,4	28,1	46,5	0,0		49,3	28,1	49,5	0,0		51,8	28,1	52,0	0,0		52,5	32,2	52,5	0,0		53,4	34,8	53,5	0,0		54,5	35,8	54,5	0,0		55,6	35,8	55,5	0,0		56,7	35,8	56,5	0,0	
Touldon	3	38,5	30,9	39,0	0,5		41,4	30,9	41,5	0,0		43,9	30,9	44,0	0,0		46,7	35,0	47,0	0,5		48,6	37,6	49,0	0,5		51,1	38,6	51,5	0,5		53,6	38,6	53,5	0,0		56,1	38,6	56,0	0,0	
Kervouac Huella	4	43,8	30,4	44,0	0,0		45,3	30,4	45,5	0,0		47,1	30,4	47,0	0,0		49,5	34,5	49,5	0,0		49,9	37,1	50,0	0,0		52,0	38,1	52,0	0,0		54,0	38,1	54,0	0,0		56,0	38,1	56,0	0,0	
Kerugou	5	36,0	33,3	38,0	2,0		38,5	33,3	39,5	1,0		42,0	33,3	42,5	0,5		46,3	37,4	47,0	0,5		48,1	40,0	48,5	0,5		50,3	41,0	51,0	0,5		52,5	41,0	53,0	0,5		54,7	41,0	55,0	0,5	
Penn An Alé	6	33,4	24,9	34,0	0,5		35,8	24,9	36,0	0,0		39,1	24,9	39,0	0,0		44,1	29,0	44,0	0,0		47,5	31,6	47,5	0,0		51,2	32,6	51,5	0,5		54,4	32,6	54,5	0,0		57,6	32,6	57,5	0,0	

Tableau 14 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1

Emplacement	#	3 m/s					4 m/s					5 m/s					6 m/s					7 m/s					8 m/s					9 m/s					10 m/s				
		Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C	Rés	Par	Amb	E	C					
Pen ar C'hra	1	34,9	21,3	35,0	0,0		37,2	21,3	37,5	0,5		40,3	21,3	40,5	0,0		43,0	25,4	43,0	0,0		45,7	28,0	46,0	0,5		47,8	29,0	48,0	0,0		49,9	29,0	50,0	0,0		52,0	29,0	52,0	0,0	
Chrêach Hervé	2	30,6	28,1	32,5	2,0		36,9	28,1	37,5	0,5		42,6	28,1	43,0	0,5		46,2	32,2	46,5	0,5		48,6	34,8	49,0	0,5		51,0	35,8	51,0	0,0		53,4	35,8	53,5	0,0		55,8	35,8	56,0	0,0	
Touldon	3	32,7	30,9	35,0	2,5		36,5	30,9	37,5	1,0		40,7	30,9	41,0	0,5		43,5	35,0	44,0	0,5		46,3	37,6	47,0	0,5		49,1	38,6	49,5	0,5		51,9	38,6	52,0	0,0		54,7	38,6	55,0	0,5	
Kervouac Huella	4	32,4	30,4	34,5	2,0		38,5	30,4	39,0	0,5		42,3	30,4	42,5	0,0		44,7	34,5	45,0	0,5		47,1	37,1	47,5	0,5		49,5	38,1	50,0	0,5		51,9	38,1	52,0	0,0		54,3	38,1	54,5	0,0	
Kerugou	5	34,4	33,3	37,0	2,5		38,9	33,3	40,0	1,0		43,8	33,3	44,0	0,0		46,5	37,4	47,0	0,5		48,4	40,0	49,0	0,5		50,3	41,0	51,0	0,5		52,2	41,0	52,5	0,5		54,1	41,0	54,5	0,5	
Penn An Alé	6	32,2	24,9	33,0	1,0		38,1	24,9	38,5	0,5		43,5	24,9	43,5	0,0		46,5	29,0	46,5	0,0		48,7	31,6	49,0	0,5		50,9	32,6	51,0	0,0		53,1	32,6	53,0	0,0		55,3	32,6	55,5	0,0	

Tableau 15 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2

Avec :

- ✓ « 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
 - : dépassement probable des seuils admissibles réglementaires

11.2 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 70dB(A) en période diurne et 60dB(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 :

$$R = 1,2 \times (\text{hauteur de moyeu} + \text{longueur d'un demi-rotor}) = 1,2 * (69 + (82 / 2)) = 132\text{m}$$

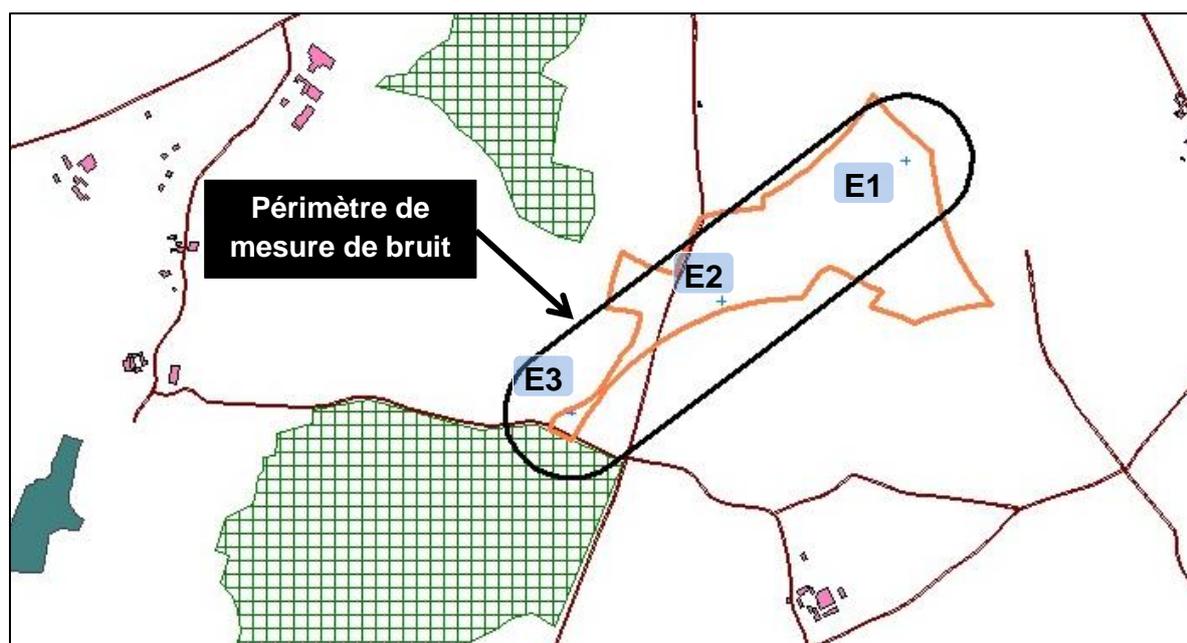


Figure 7 : Périmètre de mesure du bruit (en noir)

Dans la configuration la plus bruyante (vent de 10m/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 49dB(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 est la valeur du bruit résiduel la plus élevée (tous riverains et toutes classes homogènes confondus) soit 57,6 dB(A) en période diurne et 55,8dB(A) en période nocturne. De plus, ces valeurs ont été arrondies à la valeur 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	58,0	49,0	58,5	70,0	Oui
Nocturne	56,0	49,0	57,0	60,0	Oui

Tableau 16 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit

Dans la configuration la plus bruyante, les niveaux sonores prévisionnels au périmètre de mesure du bruit sont respectés. Par ailleurs, dans cette configuration, le bruit résiduel est plus élevé que le bruit produit par le parc éolien.

11.3 TONALITES MARQUEES

Conformément à la réglementation en vigueur, 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 **ENERCON**. Le graphique suivant présente la puissance acoustique de l'éolienne E82 par bandes de fréquences, pour les vitesses de vent allant de 3 à 13m/s (vitesse à hauteur de moyeu).

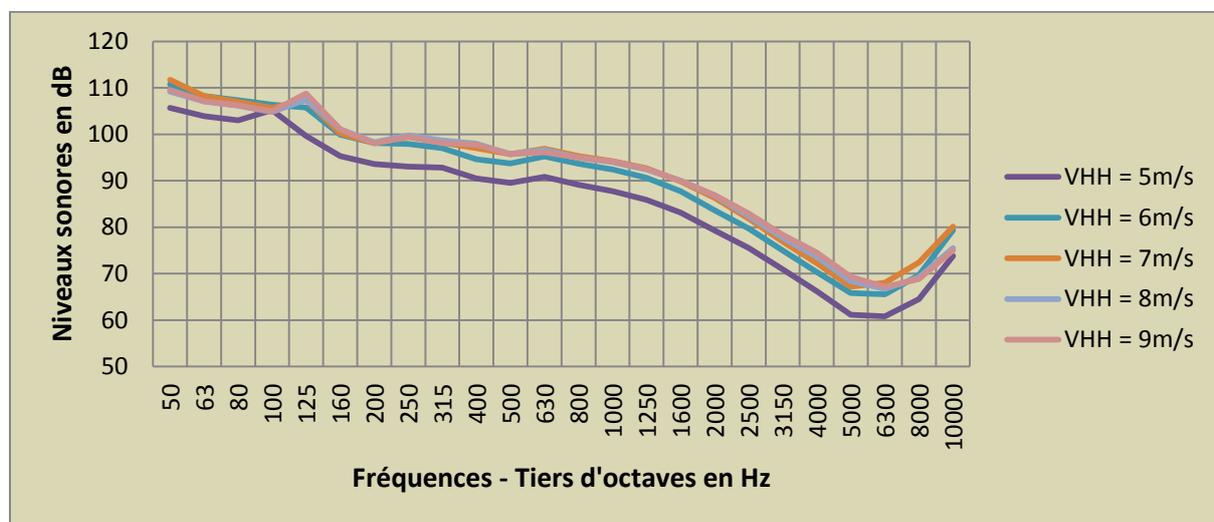


Figure 8 : Puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves

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

11.4 OBSERVATIONS

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

✓ Emergences globales

Les émergences prévisionnelles calculées sont conformes aux exigences réglementaires, pour l'ensemble des configurations étudiées.

✓ Optimisation du fonctionnement du parc

Le calcul des émergences prévisionnelles ne permet pas d'identifier un risque potentiel de dépassement des seuils réglementaires.

Par conséquent, la mise en œuvre de plans de fonctionnement optimisés (réduisant l'impact acoustique du parc éolien sur son environnement) n'est pas nécessaire. Le mode de fonctionnement standard (Mode 0 – 2, 35MW) peut être utilisé :

	3m/s	4m/s	5m/s	6m/s	7m/s	8m/s	9m/s	10m/s
E1	Mode 0 - 2,35MW							
E2	Mode 0 - 2,35MW							
E3	Mode 0 - 2,35MW							

Tableau 17 : plan de fonctionnement pour les classes homogènes 1 et 2

✓ **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 70dB(A) en période diurne et 60dB(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 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 LANMEUR (29) comportant trois éoliennes de type E82 (hauteur de moyeu 69m).

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 septembre 2015, en vue de caractériser les niveaux sonores résiduels.

Au regard des résultats de mesures, des méthodes et 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.
- ✓ Les émergences sonores prévisionnelles évaluées en ZER sont conformes aux exigences réglementaires, en période diurne et nocturne.
- ✓ Aucune tonalité marquée ne sera présente au sens de la réglementation
- ✓ Les futurs niveaux sonores en limite de périmètre de mesure du bruit seront conformes à la réglementation

Compte tenu des incertitudes associées aux méthodes normatives d'évaluation de l'impact acoustique du projet éolien de LANMEUR, 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

13 ANNEXE 1 – TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Méthodologie de l'étude d'impact	9
Figure 2 : Présentation de la Zone d'Implantation Potentielle (ZIP)	10
Figure 3 : Evolution de la végétation au cours de l'année.....	13
Figure 4 : Emplacements des points de mesure et des éoliennes	14
Figure 5 : Roses des vents diurnes et nocturnes (mesures en septembre 2015).....	15
Figure 6 : Vue en 3D du projet modélisé sous CadnaA	18
Figure 7 : Périmètre de mesure du bruit (en noir)	22
Figure 8 : Puissance acoustique par bandes de tiers d'octaves	23

14 ANNEXE 2 – TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Emergences réglementaires admissibles.....	6
Tableau 2 : Termes correctifs applicables en fonction de la durée d'apparition de la source de bruit	7
Tableau 3 : Tonalités marqués – seuils réglementaires admissibles.....	7
Tableau 4 : Coordonnées des éoliennes	11
Tableau 5 : Puissance acoustique des éoliennes E82R69 – Mode standard	11
Tableau 6 : Modes réduits et mode TES (valeurs en dB(A))	12
Tableau 7: Emplacements étudiés.....	13
Tableau 8 : classes homogènes étudiées.....	16
Tableau 9 : Bruit résiduel – classe homogène 1	17
Tableau 10 : Bruit résiduel – classe homogène 2	17
Tableau 11 : Bruit particulier – toutes classes homogènes	19
Tableau 12 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 1	19
Tableau 13 : Incertitudes associées au bruit résiduel pour la classe homogène 2	20
Tableau 14 : émergences prévisionnelles – classe homogène 1	21
Tableau 15 : émergences prévisionnelles – classe homogène 2	21
Tableau 16 : Analyse des niveaux sonores au périmètre de mesure du bruit	22
Tableau 17 : plan de fonctionnement pour les classes homogènes 1 et 2	24

15 ANNEXE 3 - NOTIONS ELEMENTAIRES EN 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.

15.1 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 : $60\text{dB}+60\text{dB}=63\text{dB}$). De même, lorsque deux sons ont des intensités différentes, celui de plus petite intensité devient vite négligeable (ex : $60\text{dB}+50\text{dB}\cong 60\text{dB}$).

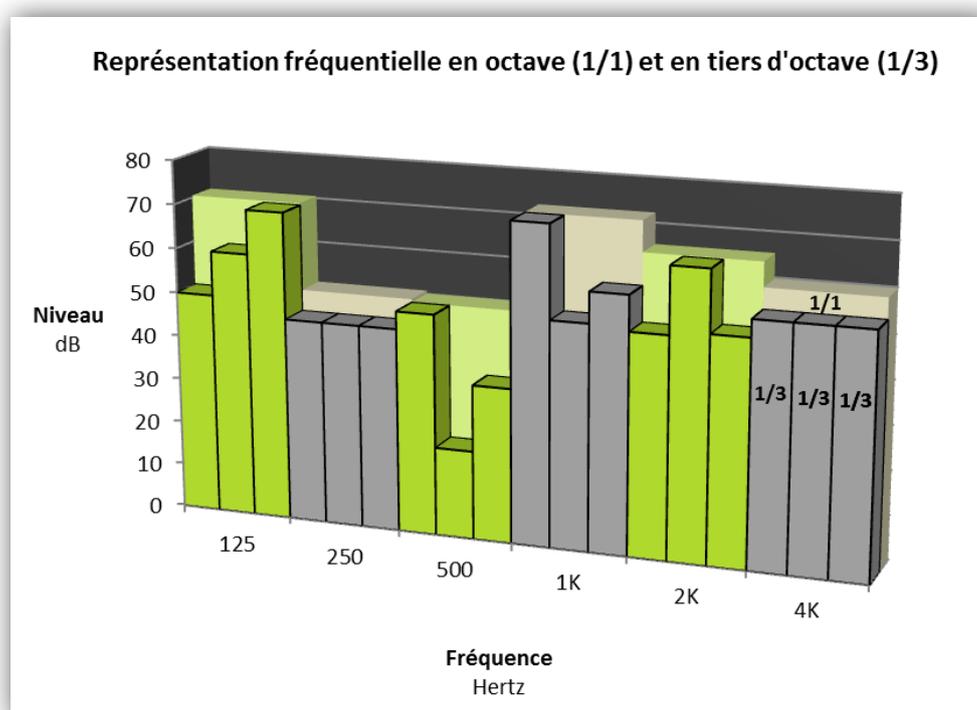
15.2 LA FREQUENCE

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 (graduée 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.



15.3 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).

15.4 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.

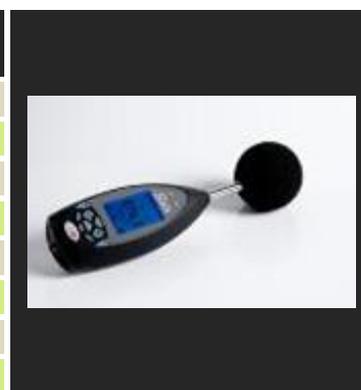
16 ANNEXE 4 - MATERIEL DE MESURE UTILISE

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

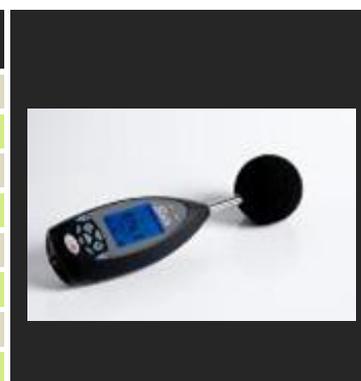
Type de sonomètre	SOLO
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	12064
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE21S
Numéro de série	15308
Type de microphone	MCE212
Numéro de série	134725
Date d'étalonnage	Janvier 2014



Type de sonomètre	SOLO BLACK EDITION
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	65502
Classe	1
Type de préamplificateur	PRE 21s
Numéro de série	16081
Type de microphone	MCE 212
Numéro de série	153311
Date d'étalonnage	Avril 2014



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	Janvier 2014



Type de sonomètre	FUSION - SMART SOUND ANALYSER
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10407
Classe	1
Type de préamplificateur	intégré
Numéro de série	-
Type de microphone	GRAS 40CE
Numéro de série	207513
Date d'étalonnage	Février 2014



Type de sonomètre	FUSION - SMART SOUND ANALYSER
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10408
Classe	1
Type de préamplificateur	intégré
Numéro de série	-
Type de microphone	GRAS 40CE
Numéro de série	207519
Date d'étalonnage	Février 2014



Type de sonomètre	FUSION - SMART SOUND ANALYSER
Fabricant	01dB-Metravib
Numéro de série	10409
Classe	1
Type de préamplificateur	intégré
Numéro de série	-
Type de microphone	GRAS 40CE
Numéro de série	207518
Date d'étalonnage	Février 2014



Type de capteur	Station Météo
Fabricant	Davis
Type	Vintage PRO 2
Spécificités techniques	Montée sur mât de 10m
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	Janvier 2014



17 ANNEXE 5 - FICHES DE MESURES

17.1 MESURE DE BRUIT AU POINT 1 [PEN AR C'HRA]

17.1.1 EMPLACEMENT DU POINT DE MESURE

Point ZER 1	Pen ar C'hra
Adresse	Pen ar C'hra, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°37'46,32"N ; 3°43'50,94"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

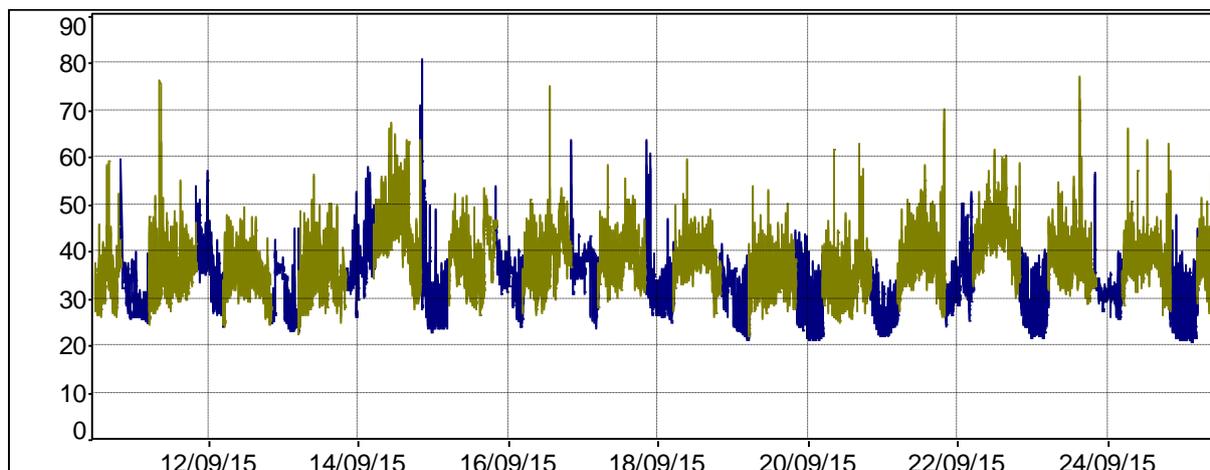
Sonomètres	Fusion 10409
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



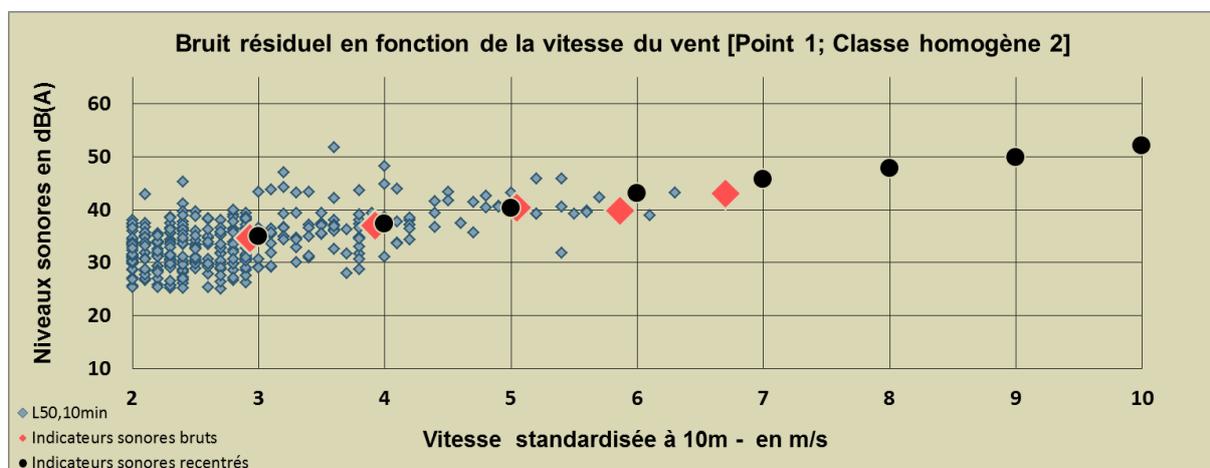
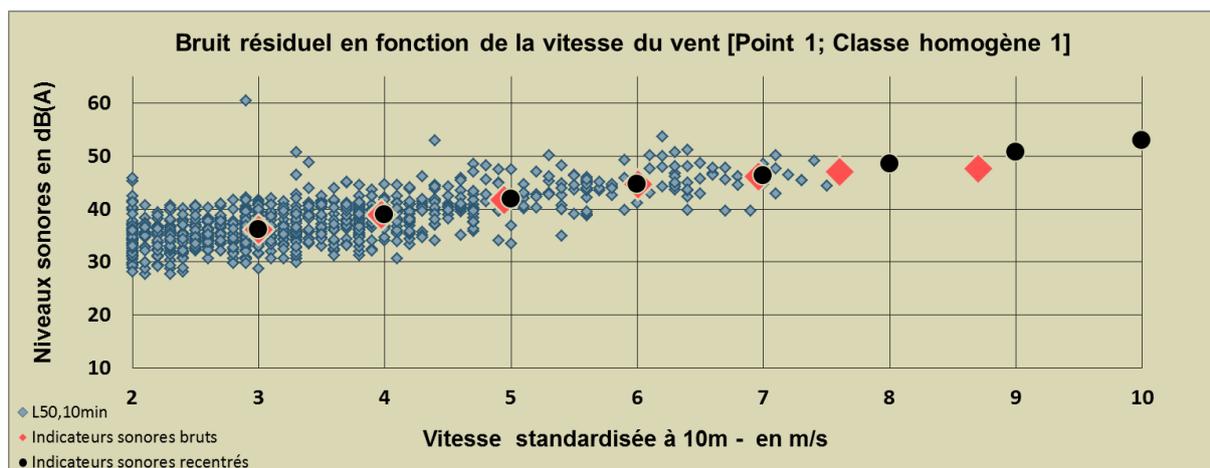
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, route départementale D786 et bruits générés par les activités agricoles.

17.1.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



17.1.3 NUAGES DE POINTS



17.2 MESURE DE BRUIT AU POINT 2 [CREACH HERVE]

17.2.1 EMPLACEMENT DU POINT DE MESURE

Point ZER 2	Créach Hervé
Adresse	Créach Hervé, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle, activités agricoles
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°38'02,74"N ; 3°43'40,35"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

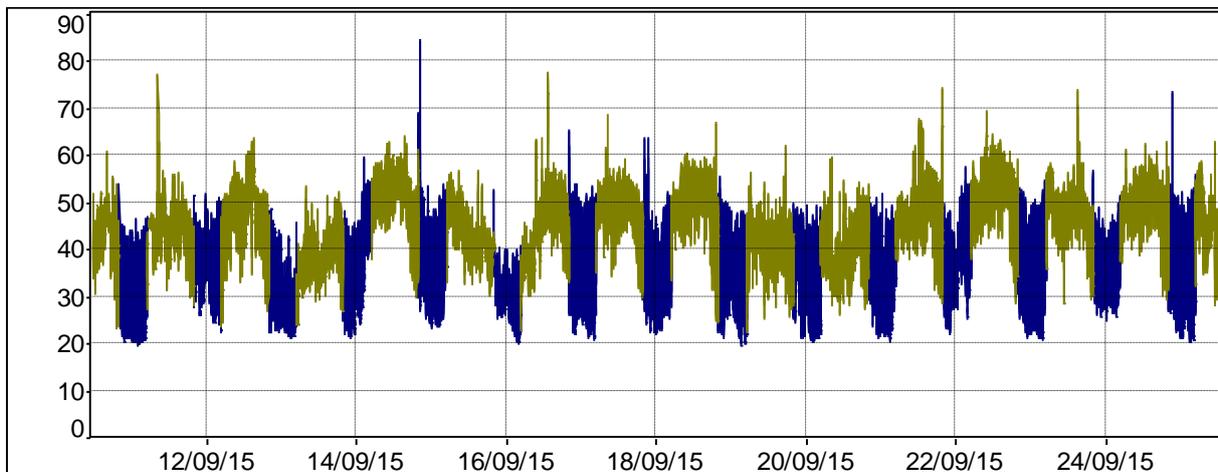
Sonomètres	Fusion 10407
Distance par rapport à la façade la plus proche	2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



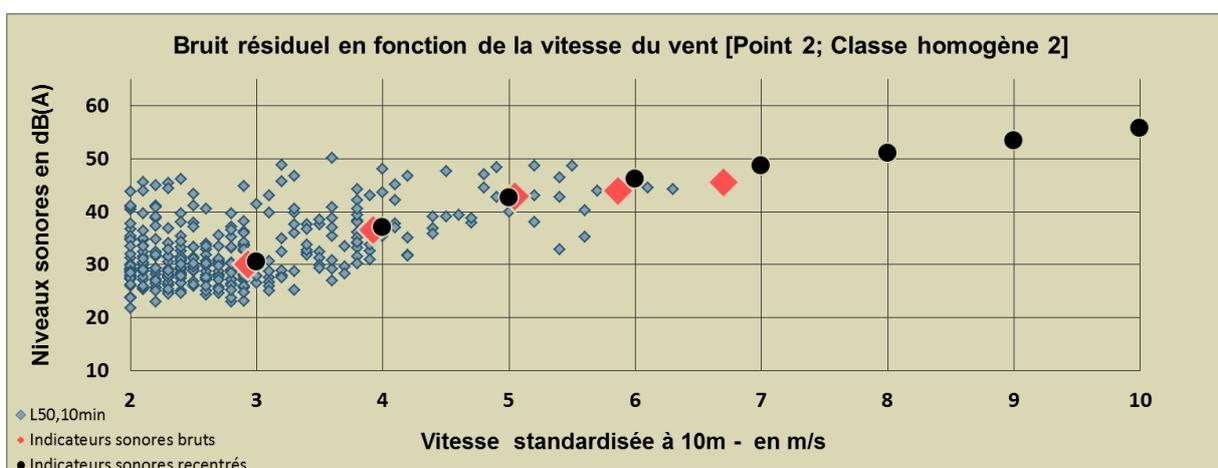
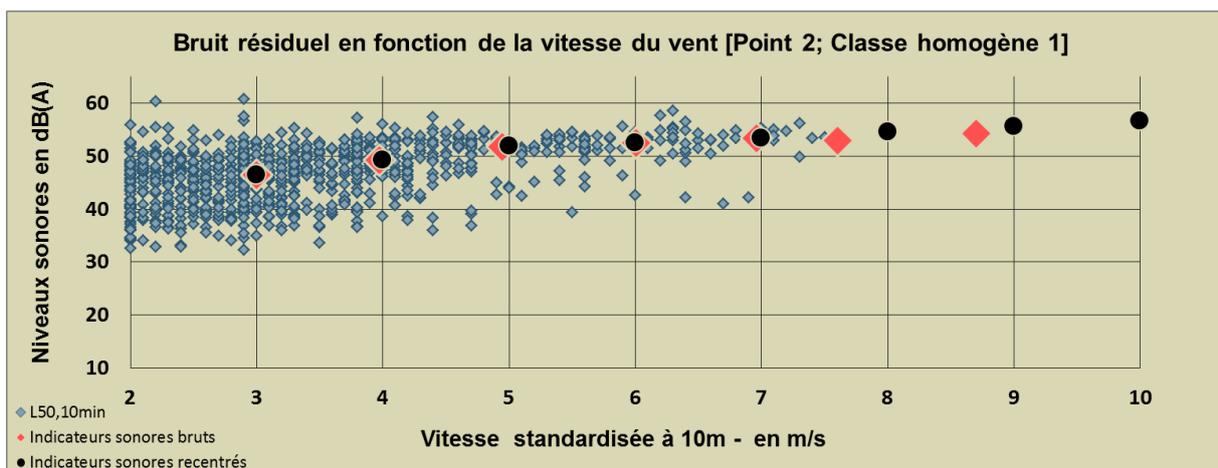
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, route départementale D786 et bruits générés par les activités agricoles.

17.2.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



17.2.3 NUAGES DE POINTS

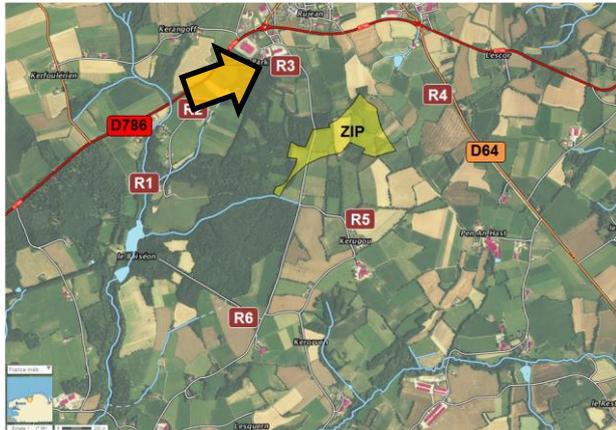


17.3 MESURE DE BRUIT AU POINT 3 [TOULDON]

17.3.1 EMPLACEMENT DU POINT DE MESURE

Point ZER 3	Touldon
Adresse	Touldon, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°38'13,79"N ; 3°43'06,74"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

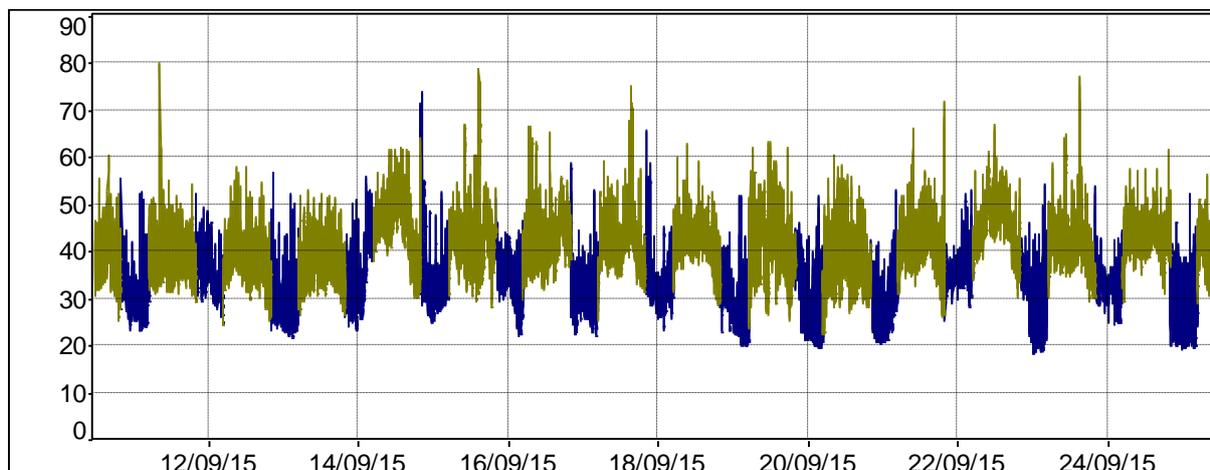
Sonomètres	Fusion 10408
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



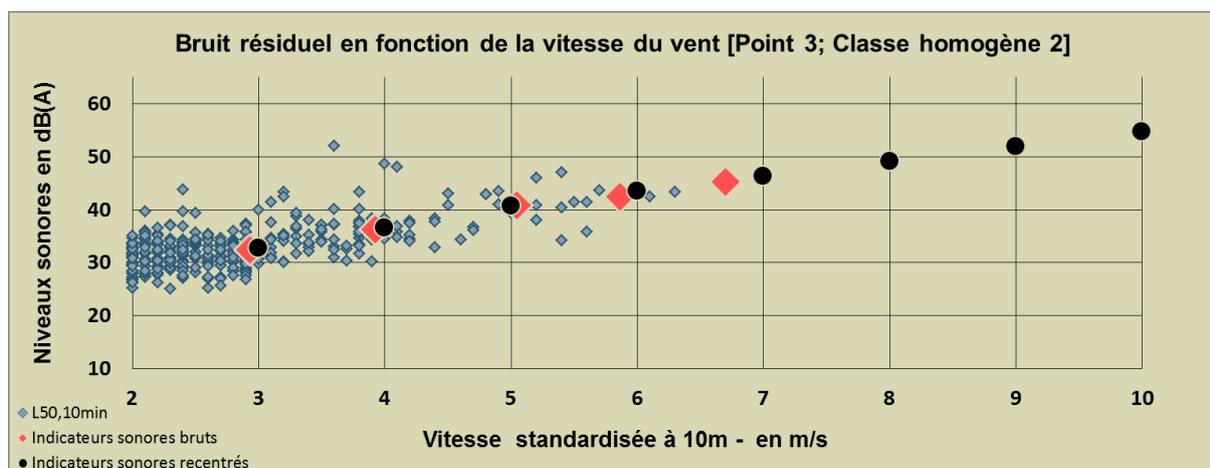
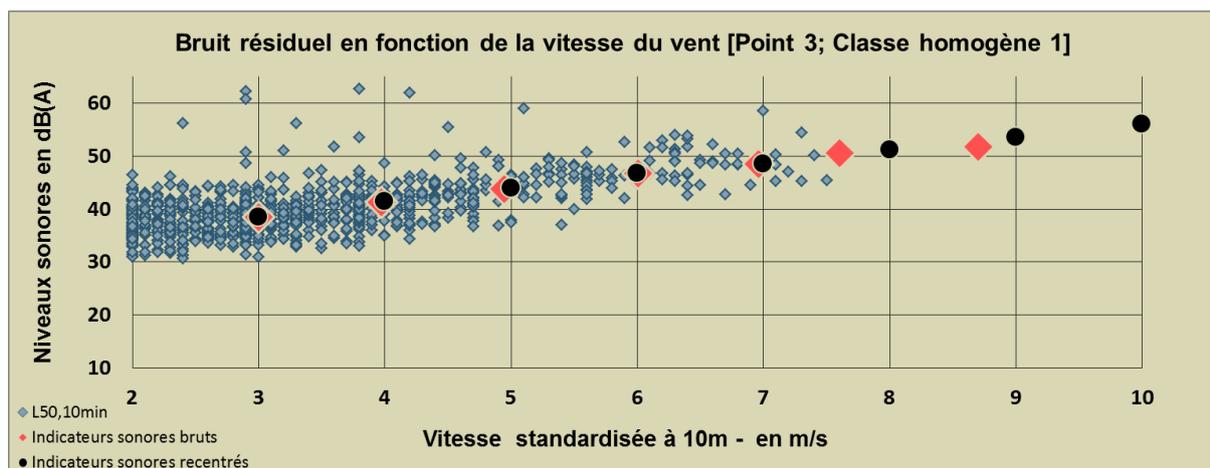
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, routes départementales D64 et D786, et bruits générés par les activités agricoles.

17.3.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



17.3.3 NUAGES DE POINTS



17.4 MESURE DE BRUIT AU POINT 4 [KEROVAC HUELLA]

17.4.1 EMPLACEMENT DU POINT DE MESURE

Point ZER 4	Kervoac Huella
Adresse	Kervoac Huella, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°38'07,97"N ; 3°42'15,47"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

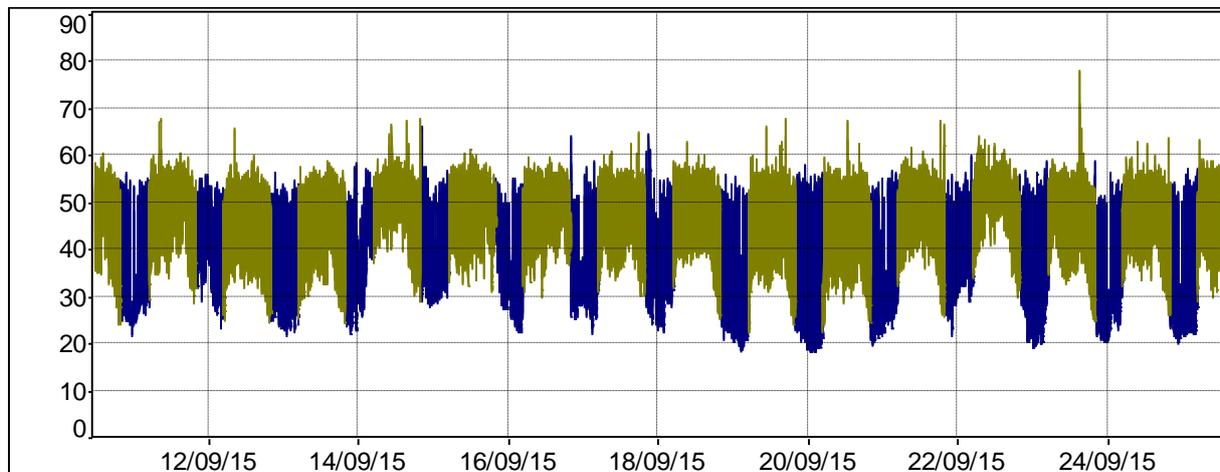
Sonomètres	Solo 65258
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



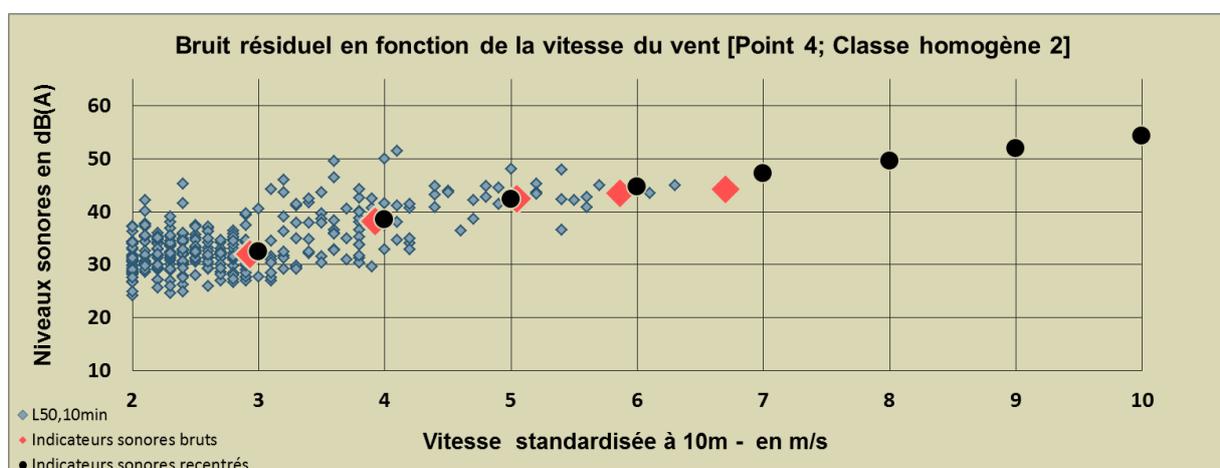
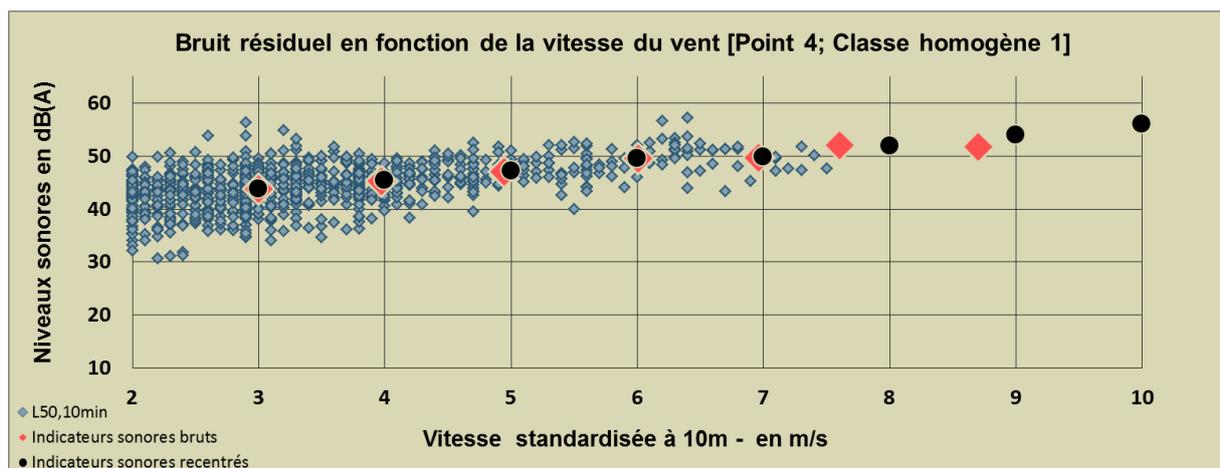
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, route départementale D64, et bruits générés par les activités agricoles.

17.4.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



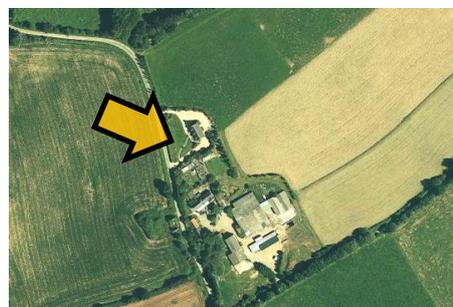
17.4.3 NUAGES DE POINTS



17.5 MESURE DE BRUIT AU POINT 5 [KERUGOU]**17.5.1 EMLACEMENT DU POINT DE MESURE**

Point ZER 5	Kerugou
Adresse	Kerugou, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°37'36,35"N ; 3°42'47,49"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

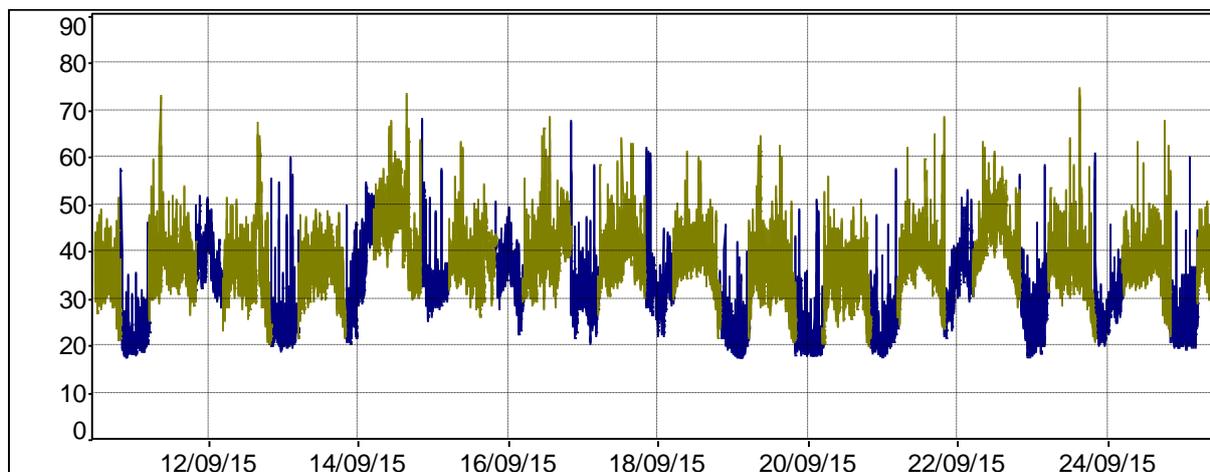
Sonomètres	Solo 65502
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



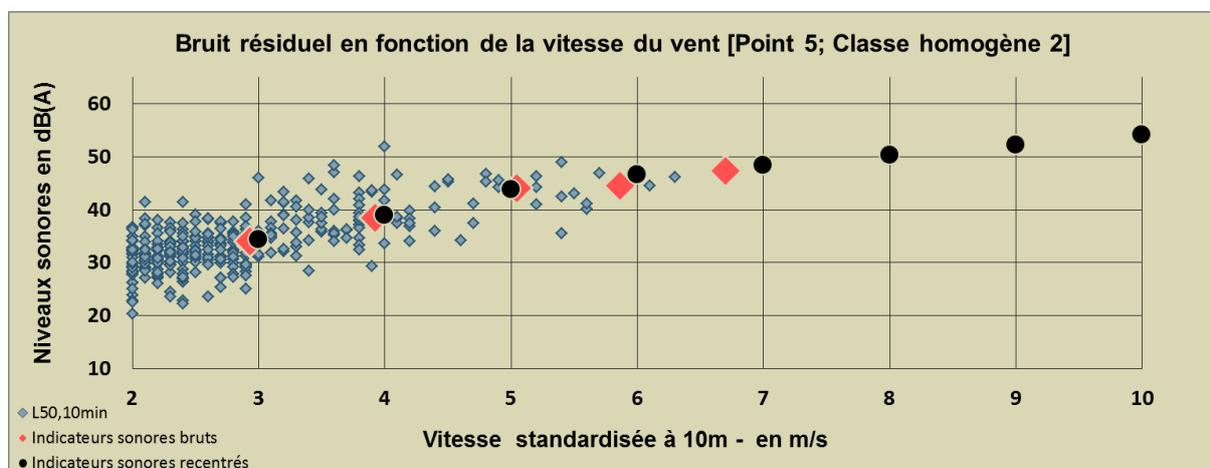
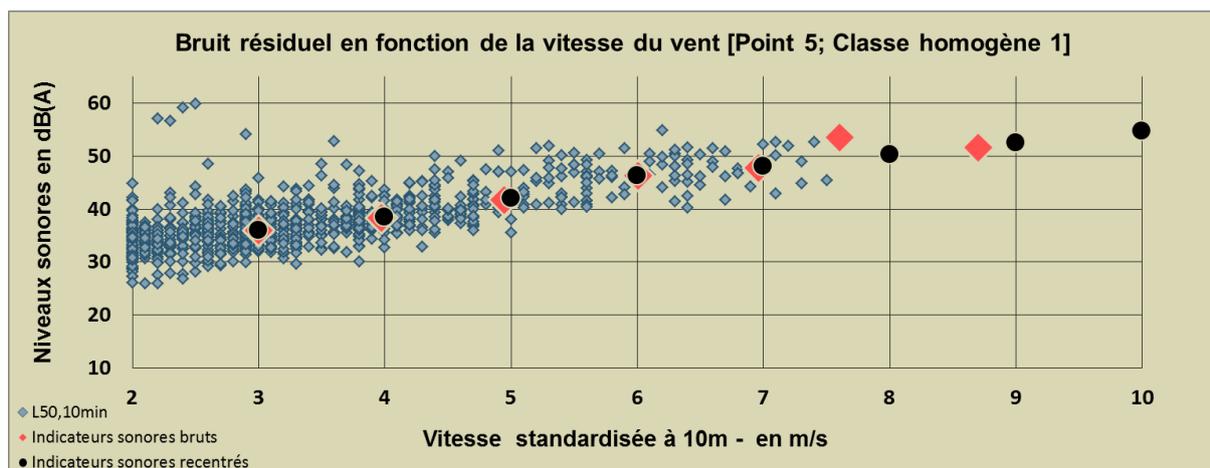
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, route départementale D64, et bruits générés par les activités agricoles.

17.5.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



17.5.3 NUAGES DE POINTS

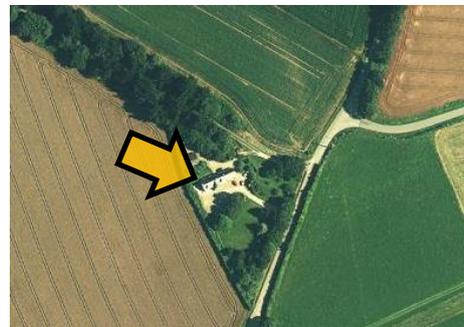


17.6 MESURE DE BRUIT AU POINT 6 [PENN AN ALÉ]

17.6.1 EMPLACEMENT DU POINT DE MESURE

Point ZER 6	Penn An Alé
Adresse	Penn An Alé, commune de Lanmeur (29)
Type de bâtiment	Maison individuelle
Coordonnées GPS (en WGS84)	48°37'16,15"N ; 3°43'20,69"O
Périodes de mesure	Du 10/09/2015 au 25/09/2015

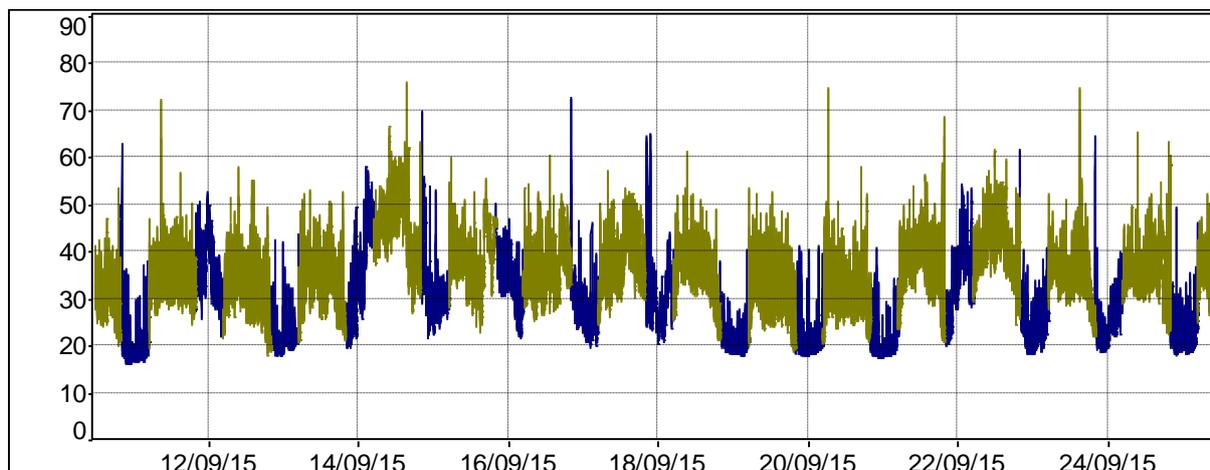
Sonomètres	Solo 12064
Distance par rapport à la façade la plus proche	> 2m
Hauteur du sonomètre par rapport au sol	Env. 1,5m



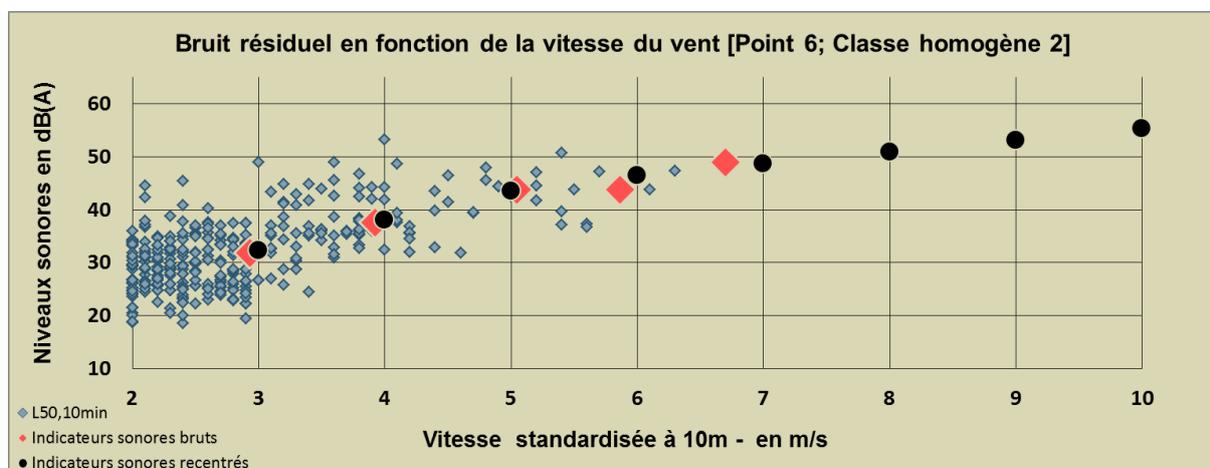
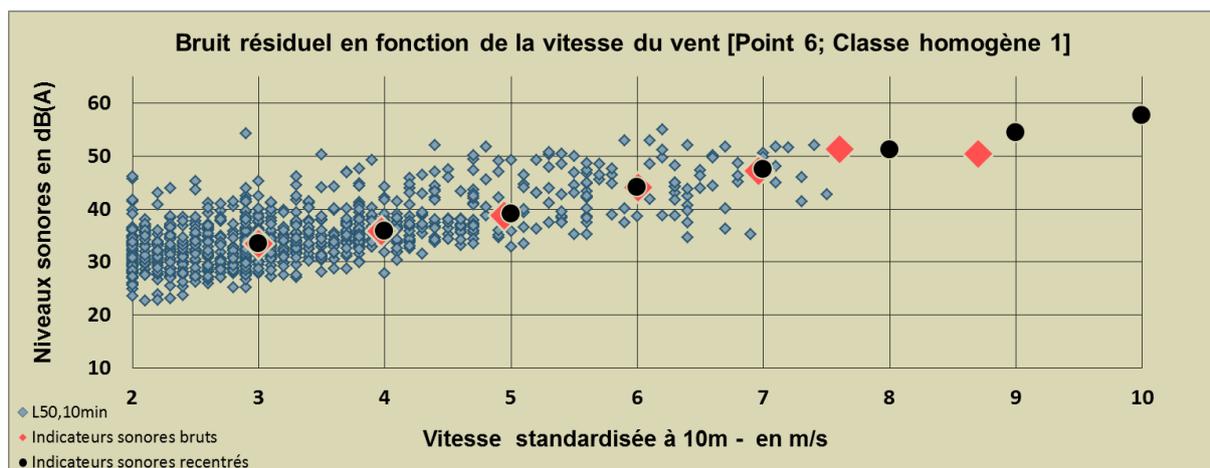
Typologie du sol, du point à la source	Herbeux, Forestier
Sources identifiées	Vent sur les arbres, animaux domestiques, bruit si présence de pluie, avions de ligne, et bruits générés par les activités agricoles.

17.6.2 EVOLUTION TEMPORELLE DES NIVEAUX SONORES BRUTS

✓ Campagne de mesures Septembre 2015 :



17.6.3 NUAGES DE POINTS



18 ANNEXE 6 - PARAMETRES DE CALCUL

Le tableau suivant présente les paramètres de calculs utilisés pour le calcul du bruit particulier à l'aide du logiciel CadnaA :

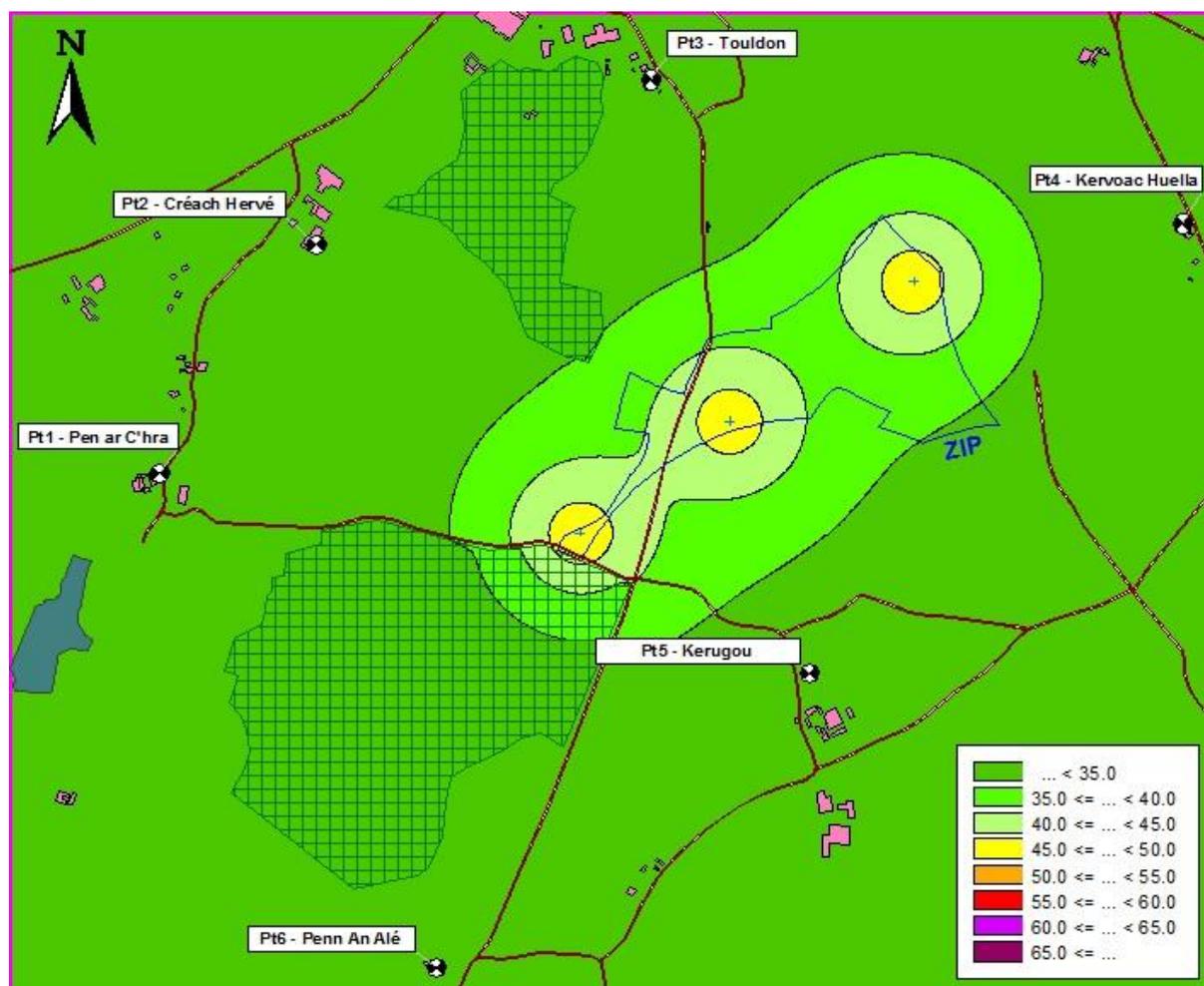
Paramètre	Valeur du paramètre
Norme de calcul	ISO9613-2
Hauteur de récepteurs	1,5m
Effet de sol	0.8
Ordre de réflexion maximum	1
Rayon d'action autour des sources	4km
Paramètres météorologiques	Conditions modérées de propagation par vent portant dans toutes les directions
Conditions atmosphériques	T=20°C Hum. Rel.=70%

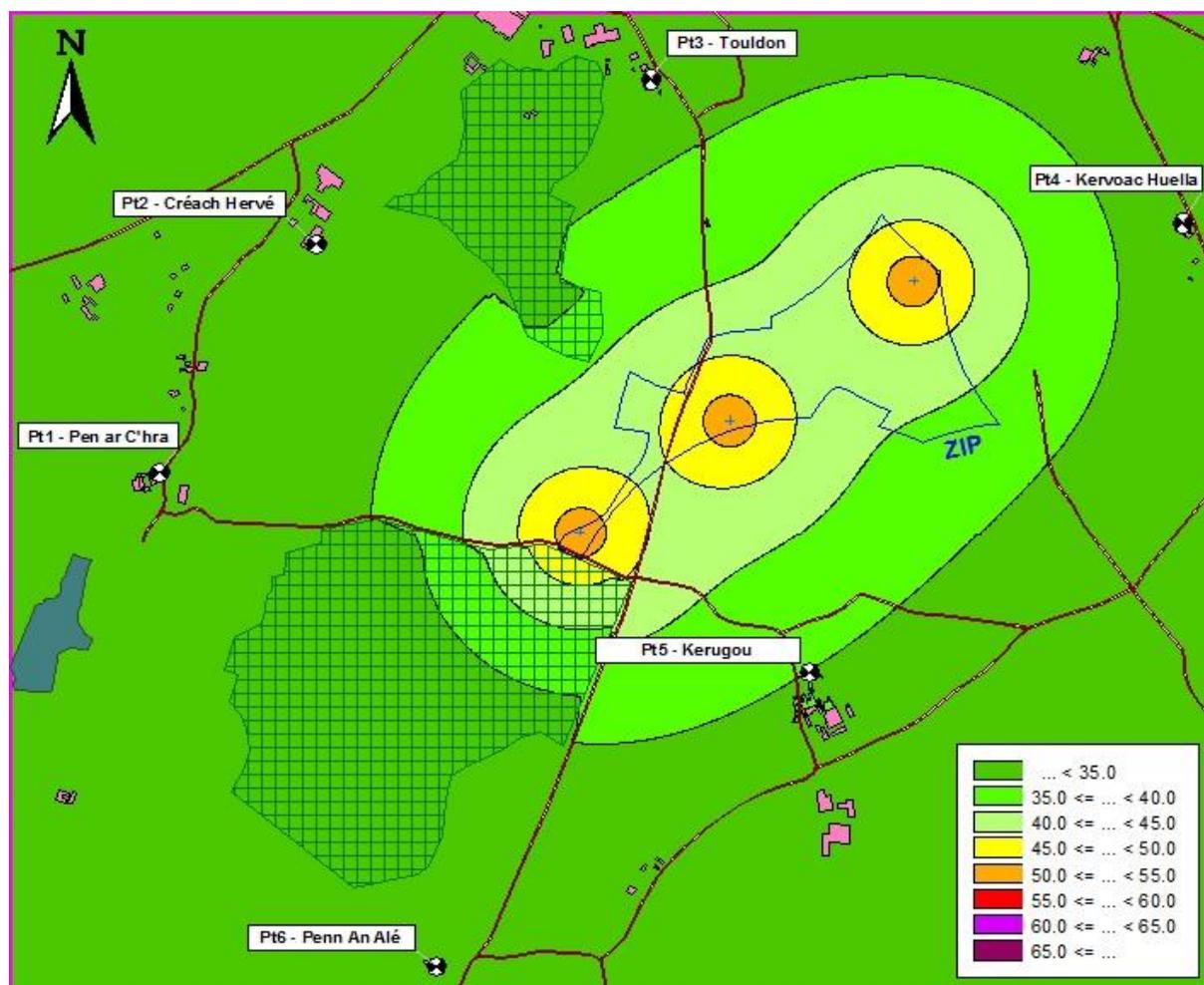
19 ANNEXE 7 - CARTES DU BRUIT PARTICULIER

Les cartes présentées ci-après représentent les niveaux sonores prévisionnels du bruit particulier, pour chaque classe homogène étudiée.

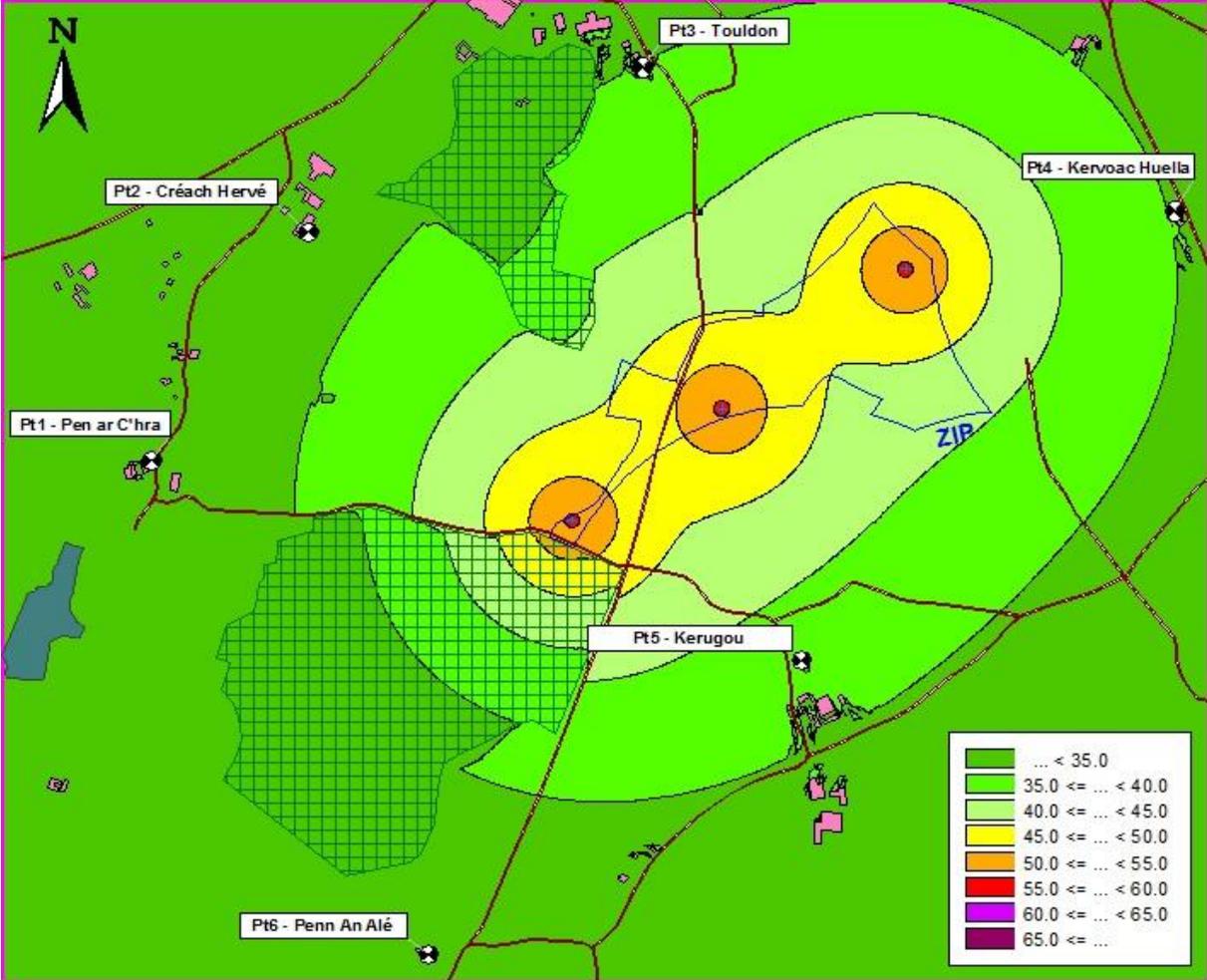
19.1 FONCTIONNEMENT EN MODE STANDARD

19.1.1 MODE STANDARD (Vs ≤ 5M/S)



19.1.2 MODE STANDARD (Vs = 6M/S)

19.1.3 MODE STANDARD (Vs = 7M/S)



19.1.4 MODE STANDARD ($V_s \geq 8\text{M/S}$)