

Site Expérimental pour le Petit Eolien National

Rapport de Test n° 32.6 du 27/09/2013

Eolienne auto construite Piggott - 1.7 kW

Marque	Eolienne auto construite type Piggott
Référence	Type Piggott 3.6 m
Type	axe horizontal
Nombre de pales	3
Diamètre du rotor	3.6 m
Type de régulation	électronique
Puissance nominale	1.7 kW
Connexion réseau	Onduleur monophasé
Type de mât	Mât haubané
Apporteur	Ti'eole
Période de test	12/07/2012 – 12/06/2013
Période de mesure	03/05/2013 - 12/06/2013



Sommaire

1	Les données constructeur	3
2	Résultats des tests de comportement, de sécurité et de fiabilité ...	4
2.1	Comportement et sécurité	4
2.2	Fiabilité	4
2.2.1	<i>Dégradation de la structure.....</i>	<i>4</i>
3	Résultats des mesures de performance.....	5
3.1	Courbe de puissance	5
3.1.1	<i>Courbe de puissance mesurée au SEPEN.....</i>	<i>5</i>
3.1.2	<i>Courbe de puissance constructeur.....</i>	<i>6</i>
3.2	Coefficient de puissance	6
3.3	Production énergétique.....	7
4	Mesures de bruit acoustique	9
4.1	Objet.	10
4.2	Principe.	10
4.3	Mesure.	11
4.4	Analyse.	11
4.5	Point 1 (page 31).	12
4.6	Point 3 (page 35).	13
4.7	Point 5 (page 39).	14
4.8	Point 7 (page 43).	15
4.9	Conclusion.	16
4.10	Implantation des points de mesure	17
5	Protocole de mesure et de test.....	18
5.1	Les objectifs.....	18
5.2	Les installations.....	19
5.3	Données météo du site.....	22
5.4	Tests de fonctionnement et de sécurité	22
5.4.1	<i>Objectifs du test</i>	<i>22</i>
5.4.2	<i>Tests de fonctionnement et de sécurité.....</i>	<i>22</i>
5.4.3	<i>Critères de bon fonctionnement et de sécurité.....</i>	<i>22</i>
5.4.4	<i>Paramètres mesurés pour le test de fonctionnement et de sécurité (données mesurées et enregistrées pour l'établissement de la courbe de puissance)</i>	<i>23</i>
5.4.5	<i>Traitement des données pour le test de fonctionnement et de sécurité</i>	<i>23</i>
5.5	Tests de fiabilité	23
5.5.1	<i>Objectifs du test</i>	<i>23</i>
5.5.2	<i>Test de fiabilité.....</i>	<i>24</i>
5.5.3	<i>Critères de fiabilité.....</i>	<i>24</i>
5.5.4	<i>Paramètres mesurés pour le test de fiabilité (données mesurées et enregistrées pour l'établissement de la courbe de puissance).....</i>	<i>24</i>
5.5.5	<i>traitement des données pour le test de fiabilité</i>	<i>25</i>
5.6	Mesures de la courbe de puissance	26
5.6.1	<i>Détermination des directions de vent valides.....</i>	<i>27</i>
6	Annexe 1	30
6.1	Point N°1	31
6.2	Point N°3.....	35
6.3	Point N°5.....	39
6.4	Point N°7.....	43
7	Annexe 2	47

Avertissement :

La machine testée au SEPEN a été réalisée dans le cadre d'un stage d'auto-construction organisé par la société TIEOLE selon la méthode PIGGOTT.

Les constats et résultats de la campagne de mesures livrés dans le présent rapport concernent donc uniquement des machines faisant appel aux mêmes composants et réalisées selon des plans et des méthodes strictement identiques au modèle testé.

Révision n° 4.

Cette nouvelle version du rapport de l'éolienne Piggott 1.7 kW a été réalisée pour prendre en compte un défaut matériel dans la chaîne de mesure de la puissance électrique.

L'apporteur a profité de cette nouvelle campagne de mesure pour modifier le réglage de la régulation en ajoutant une masse sur le gouvernail. Il faut donc noter que ce type de machine, du fait de son mode de fabrication, n'est pas un produit calibré sortant d'usine et les performances sont donc susceptibles de varier sensiblement d'un modèle à l'autre.

1 Les données constructeur**SPECIFICATIONS**

Puissance nominale	1.7 kW
Nombre de pales	3
Matériaux des pales	Bois
Génératrice	aimants permanents type discoïde sans noyau magnétique
Type de mât	Haubané, hauteur 20 m
Orientation au vent	Orientation passive par gouvernail
Limitation de vitesse du rotor, régulation	Effacement latéral

SPECIFICATIONS ONDULEUR

Modèle	SMA Windy boy 1700 W
--------	----------------------

2 Résultats des tests de comportement, de sécurité et de fiabilité

2.1 Comportement et sécurité

Tests	Observations
Orientation	stable
Séquence arrêt/démarrage	validé
Arrêt d'urgence	validé
Limitation vitesse rotor	validé
Perte réseau	validé
Modification paramètres système	validé
Sécurité installation et maintenance	
Protection foudre/mise à la terre	

2.2 Fiabilité

Vitesse de vent nominale :

Puissance nominale : 1.7 kW

Vitesse survie (V_{e50}) : -

Classe IEC :

Tests	Observations
Production > 2500 h $V_{vent} > 0$ m/s	non validé
Production > 250 h $V_{vent} > 1,2 \times V_{ave}$	validé en classe IV
Production > 25 h $V_{vent} > 1,8 \times V_{ave}$	validé en classe IV

Les durées relevées sont celles indiquées dans le rapport 32.3, la nouvelle campagne de mesure n'a pas permis de valider une classe IEC supérieure à la classe IV.

2.2.1 Dégradation de la structure

Aucune dégradation constatée.

3 Résultats des mesures de performance

3.1 Courbe de puissance

3.1.1 Courbe de puissance mesurée au SEPEN

- en rouge les points calculés de la courbe de puissance moyenne,
- en vert les indicateurs de dispersion des mesures, les traits horizontaux indiquent les limites à plus et moins un écart type.
- en bleu nombre de points de mesure.

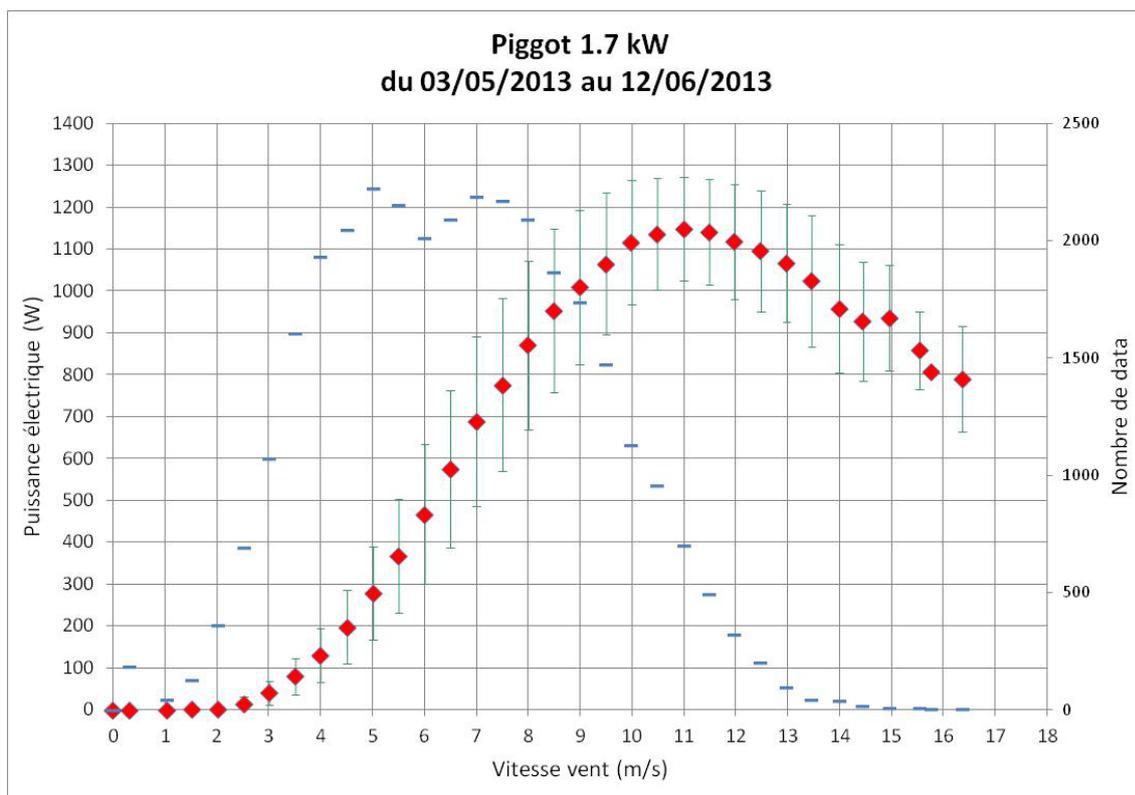


Figure 3-1 Courbe de puissance mesurée sur le site de Malbouissou

Paramètres de calcul de la courbe de puissance	
Paramètres	Valeur
Durée d'échantillonnage (seconde)	1
Intervalle d'intégration (seconde)	60
Largeur des bins (m/s)	0.5
Plage de direction vent (°)	0 à 360
Plage de gradient vertical	0.0 à 0.20
Plage intensité de turbulence (%)	0 à 18

3.1.2 Courbe de puissance constructeur

Aucune information disponible.

3.2 Coefficient de puissance

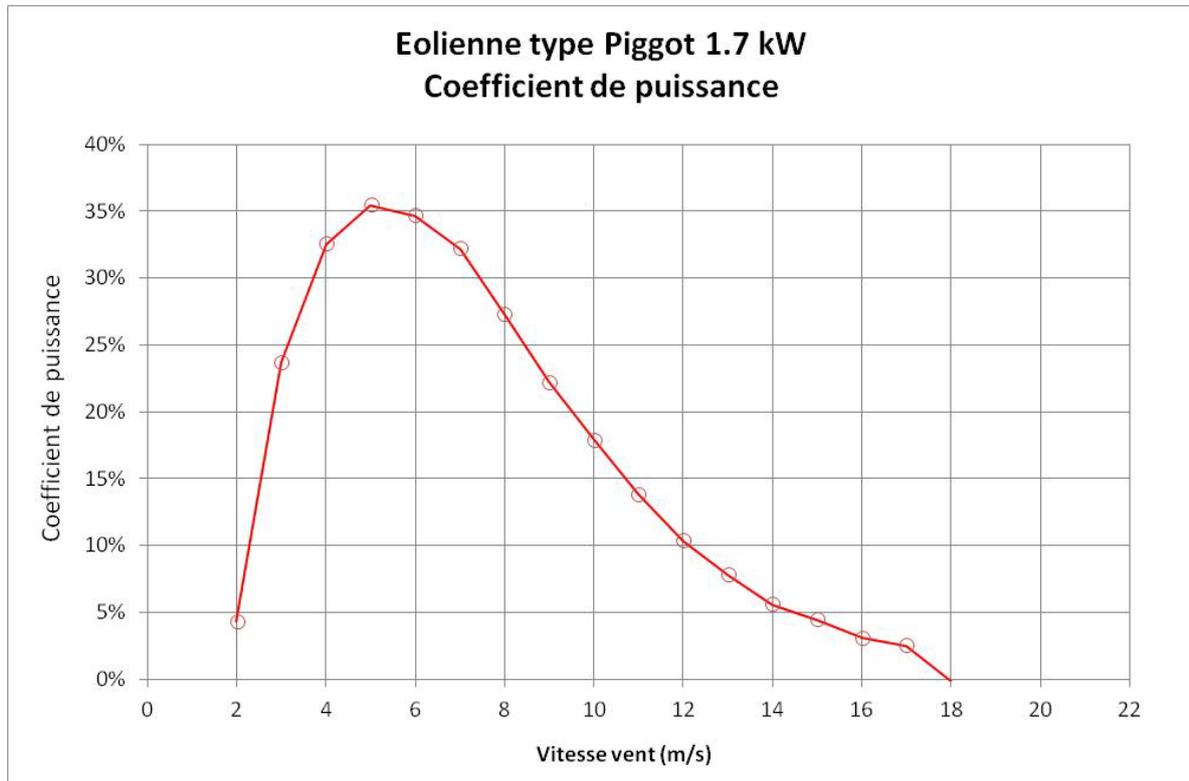


Figure 3-2 Coefficient de puissance

Le coefficient de puissance atteint 35.5 % à 5 m/s et reste supérieur à 25 % de 3.1 à 8.5 m/s.

3.3 Production énergétique

Afin de prendre en compte, pour le calcul de la production énergétique, les vitesses de vents au-delà de celles mesurées pendant la période de mesure, la courbe de puissance a été prolongée jusqu'à 25 m/s suivant le tracé en pointillés comme indiqué sur la figure 3.3.

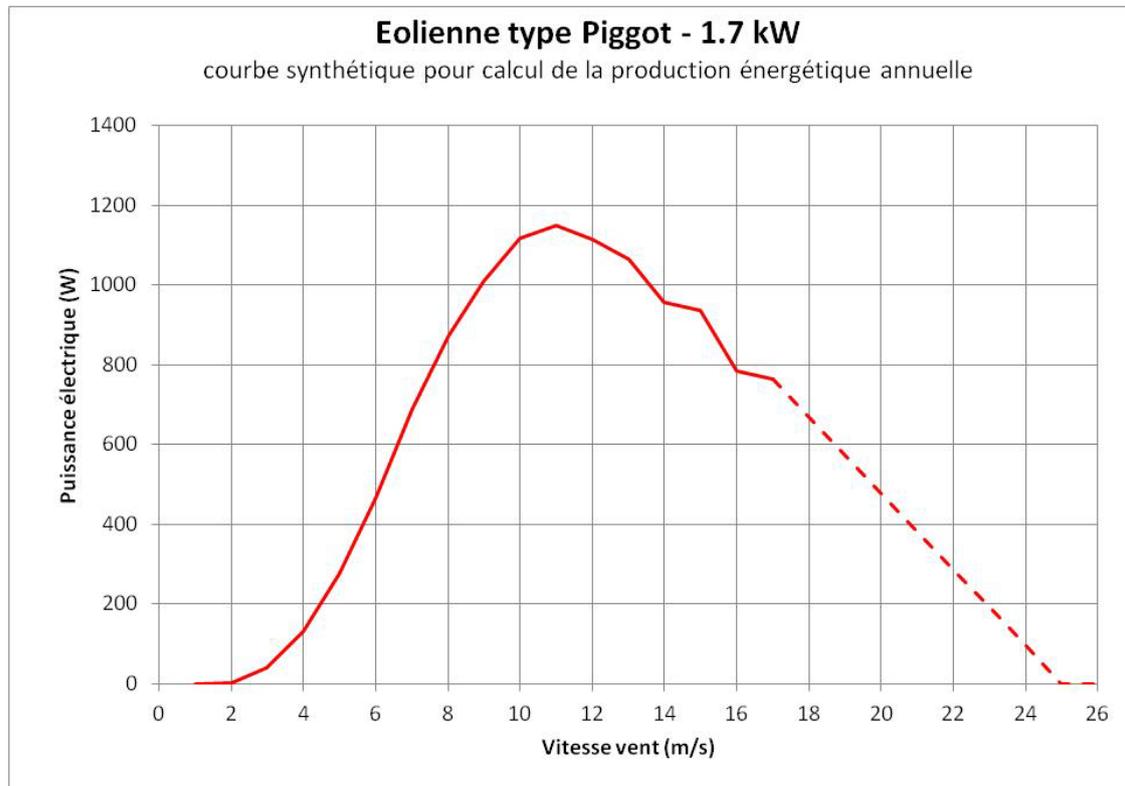


Figure 3-3 Courbe de puissance synthétique pour le calcul de la production énergétique.

Vitesse moyenne annuelle [m/s]	Production mesures SEPEN (courbe synthétique) [kWh/an]
3.0	865.6
3.5	1362.0
4.0	1925.3
4.5	2518.3
5.0	3107.9
5.5	3668.4
6.0	4182.1
6.5	4638.4
7.0	5032.4
7.5	5363.1
8.0	5632.2
8.5	5843.1
9.0	6000.2
9.5	6108.6
10.0	6173.5

Tableau 3-1 Production énergétique annuelle de l'éolienne de type Piggott en fonction de la vitesse de vent moyenne annuelle et pour une distribution de vent de Weibull avec $K = 2$.

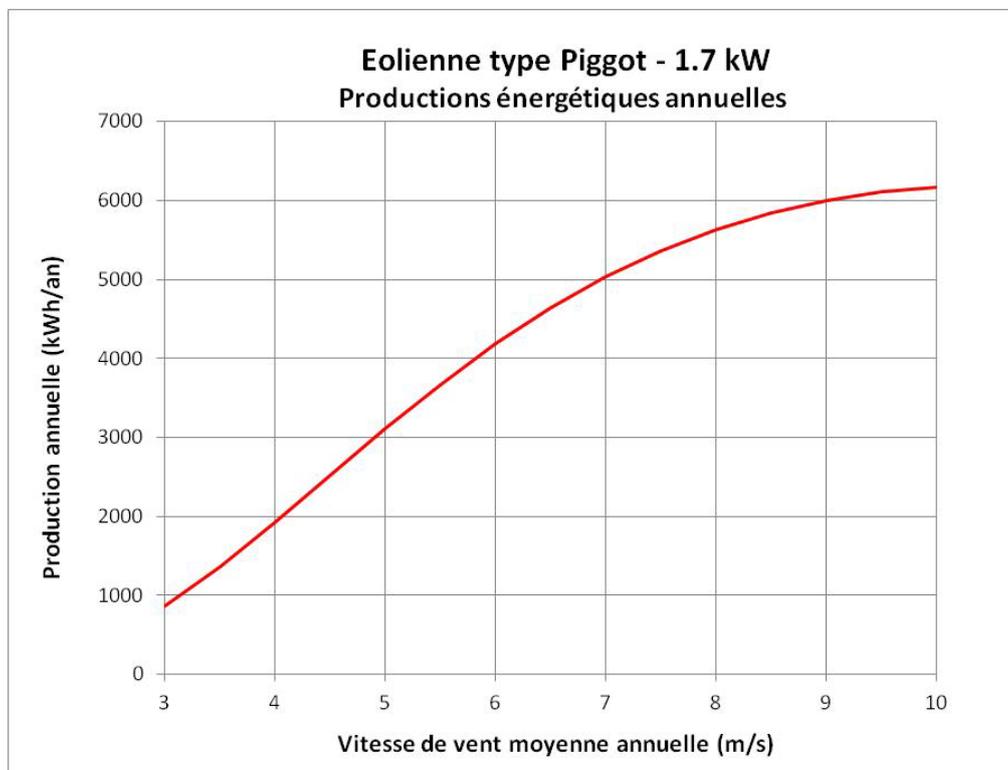


Figure 3-4 Production énergétique annuelle en fonction de la vitesse moyenne annuelle.

4 Mesures de bruit acoustique



Philippe Zuliani
Docteur de l'Université Paul Sabatier (Toulouse) – Spécialité Acoustique
938, chemin des Dames Noires
82000 Montauban
Tél : 05 63 63 38 61
Portable : 06 07 14 76 61
Adresse électronique : philippe.zuliani@dbmail.com

Malbouissou

Site du « Petit Eolien »

Etude d'impact acoustique.

-

Date: 15 Janvier 2013
Réf: AnalyseMalJanvier13Mat4.doc

4.1 **Objet.**

Notre intervention vise à préciser l'impact acoustique d'éolienne sur l'environnement. Le site choisi est celui de Malbouissou, espace consacré à l'étude du petit éolien.

4.2 **Principe.**

Le site de Malbouissou comporte 4 mâts susceptibles de recevoir simultanément 4 éoliennes. La figure **Page 17**, précise l'implantation relative au 4^e mât, base de notre intervention. L'analyse de cet impact sonore se fait à travers le texte réglementaire du 31 Août 2006, décret 2006-1099 « Lutte contre les bruits de voisinage ». Il fixe des valeurs d'émergence à ne pas dépasser : 5 dB(A) durant la période «diurne (7H00 – 22H00) et 3 dB(A) durant la période nocturne (22H00 – 7H00). L'émergence étant la différence de niveaux sonores constatée lorsque l'installation fonctionne (bruit ambiant) et lorsqu'elle est à l'arrêt (bruit résiduel).

Pour chacun des mâts, et donc pour chacune des éoliennes fixées à ce dernier, nous avons considéré 4 points, Points 1,3,5,7, respectivement situés à des distances de 5m, 10m, 20 m, 35 m du mât.

Pour chacun de ces points nous avons relevé le bruit ambiant, le bruit résiduel et par différence nous avons déterminé l'émergence.

Le relevé, détermination soit du bruit ambiant soit du bruit résiduel **pour un point d'analyse**, a consisté à **effectuer cinq prélèvements de 10 s durant une période de 5 mm**. Ces mesures de 10 s sont réalisées à travers une analyse en fréquence dont la base est le tiers d'octave.

L'étude est réalisée mât après mât. Une seule éolienne fonctionnant, nous mesurons, pour ses quatre points caractéristiques, le bruit ambiant, puis nous arrêtons l'éolienne étudiée pour mesurer pour ces quatre points le niveau de bruit résiduel. La démarche peut être reconduite pour les trois autres éoliennes. Dans le cas où l'arrêt de l'éolienne n'est pas possible, nous nous situons en un point où l'environnement sonore est identique à celui du point de mesure analysé.

A ces mesures acoustiques, sont associées des mesures de vitesse de vent déterminées grâce à un anémomètre placé sur un mât métrologique situé au centre du site.

Afin de pouvoir apprécier la variabilité de l'émission sonore des éoliennes, nous avons procédé à **3 campagnes de mesure**. Par campagne nous entendons une caractérisation sur l'ensemble des points du site du bruit ambiant et du bruit résiduel, pour une vitesse de vent donnée.

A la suite de l'analyse ponctuelle dégagée par éolienne, une fiche récapitulative est insérée, afin d'avoir une appréciation globale de l'impact sonore de cette dernière. Elle précise, pour les trois campagnes, les niveaux de bruit ambiant, de bruit résiduel, les émergences correspondantes. L'ensemble de ces caractéristiques étant exprimé en dB(A). Une

campagne, vitesse de vent déterminée, pouvant être accompagnée d'un indice, indiquant une émergence ponctuelle supérieure à 5 dB(A) dans une bande de tiers d'octave précise :

- si cette bande se situe dans le domaine de fréquence défini par les octaves 125 Hz et 250 Hz, cet indice est **L**,
- si cette bande se situe dans le domaine de fréquence défini par les octaves 500 Hz et 1000 Hz, cet indice est **M**,
- si cette bande se situe dans le domaine de fréquence défini par les octaves 2000 Hz et 4000 Hz, cet indice est **H**,

Le présent document n'étudie que l'impact acoustique de l'éolienne située le 24/12/2012 sur le mât N°1 Bis du site

4.3 Mesure.

Appareil utilisé

- analyseur temps réel de marque CESVA, type RC-401.

Campagne de mesure.

Une éolienne a été positionnée.

Le tableau ci-dessous précise les caractéristiques de ces implantations en indiquant :

- le type d'éolienne, **Eolienne**,
- le mât d'implantation, **Mât**,
- les campagnes de mesures réalisées, caractérisées par leur date, **Campagne**,

Eolienne	Mât	Campagne		
		24/12/2012 - 1H00	29/12/2012 - 0H00	29/12/2012 - 12H00
Piggott 3.6	1bis	X	X	X

L'ensemble des résultats est présenté au niveau de l'annexe I (**page 30**)

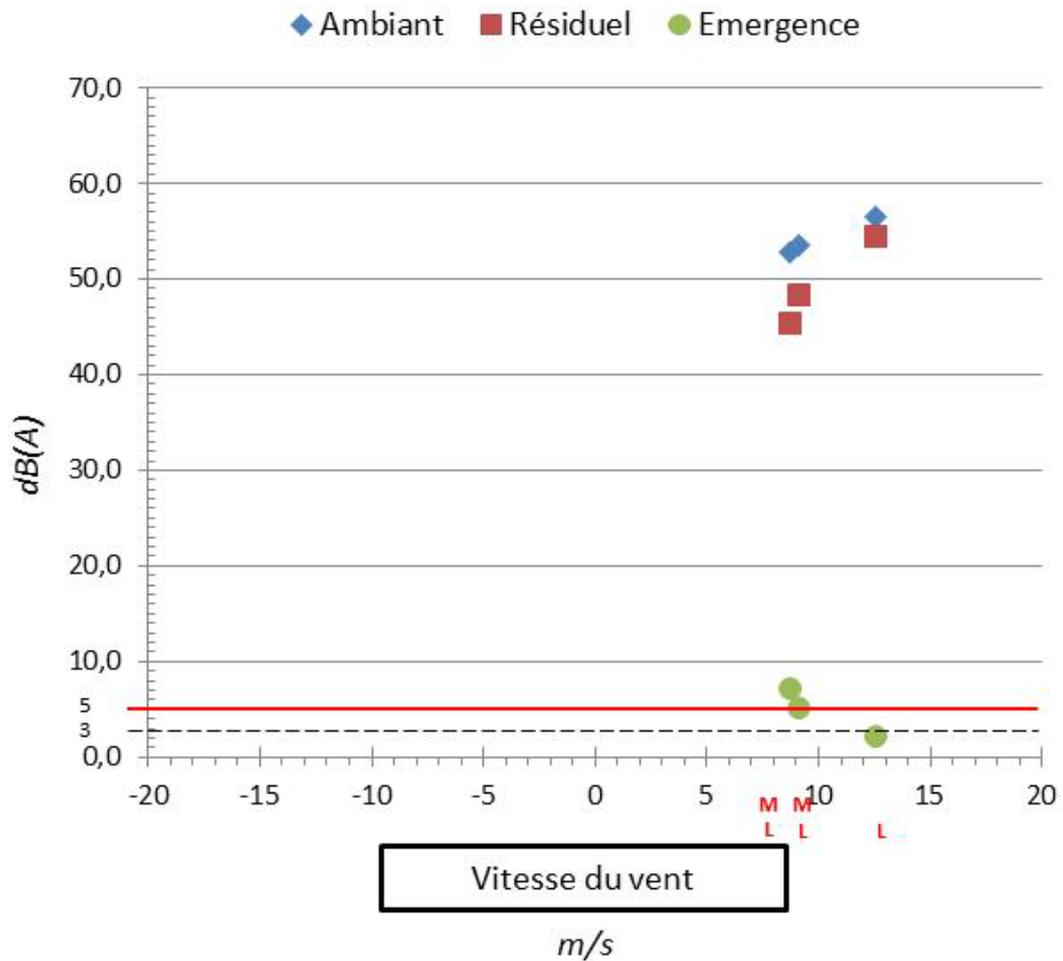
4.4 Analyse.

Deux campagnes correspondent à des configurations de vent moyen, de l'ordre de 9m/s, la dernière étant une configuration de vent fort, de l'ordre de 12 m/s.

La force associée à l'orientation du vent a un impact immédiat sur le bruit résiduel perçu, proximité relative de la Route D6113. Le site présente l'avantage d'être plat, sans végétation parasite particulière.

4.5 Point 1 (page 31).

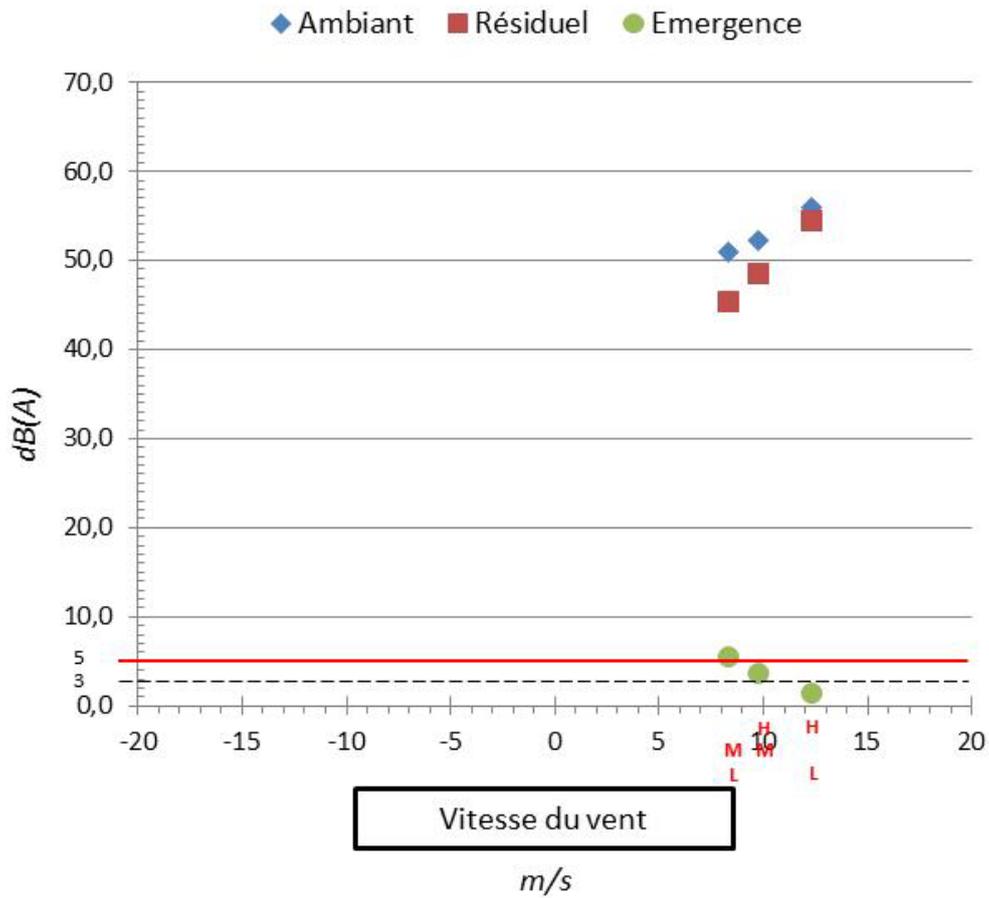
Eolienne audible.



Fiche récapitulative
Mât N°1 Bis / Point N°1

4.6 Point 3 (page 35).

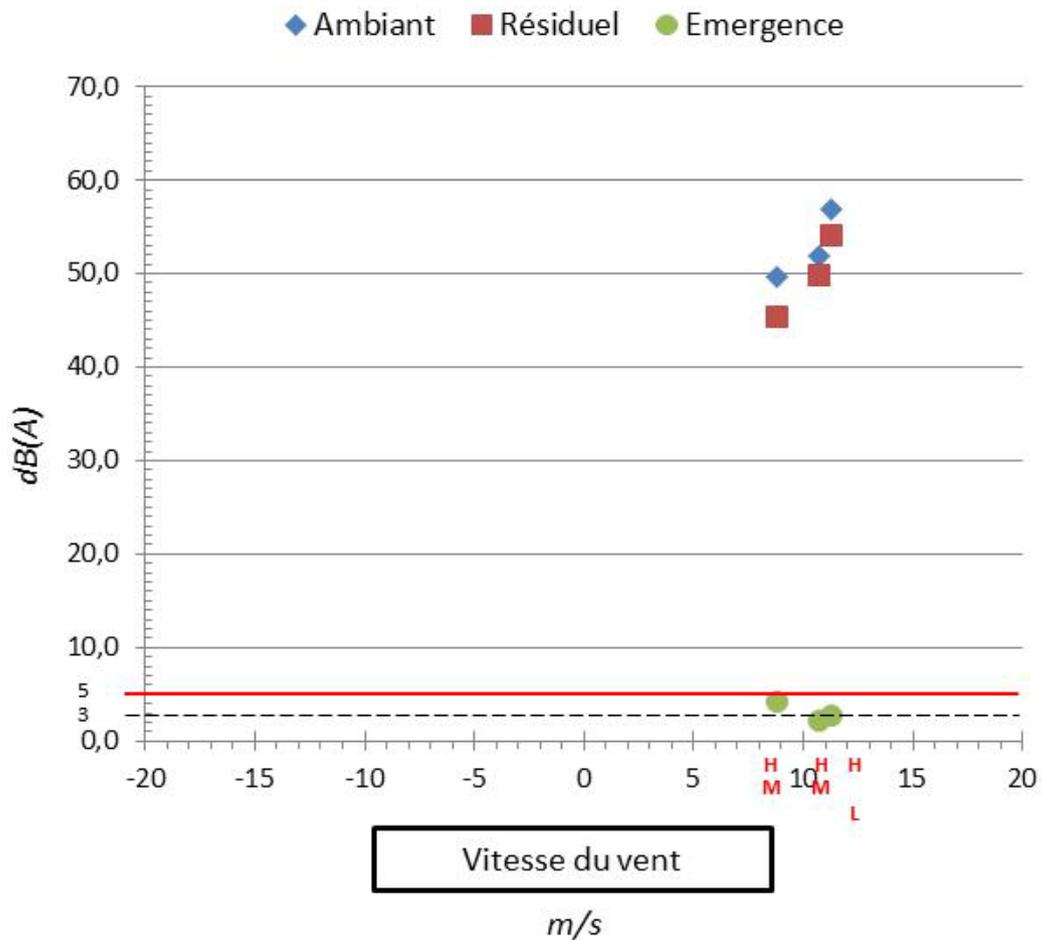
Eolienne audible.



Fiche récapitulative
Mât N°1 Bis / Point N°3

4.7 Point 5 (page 39).

Eolienne audible.

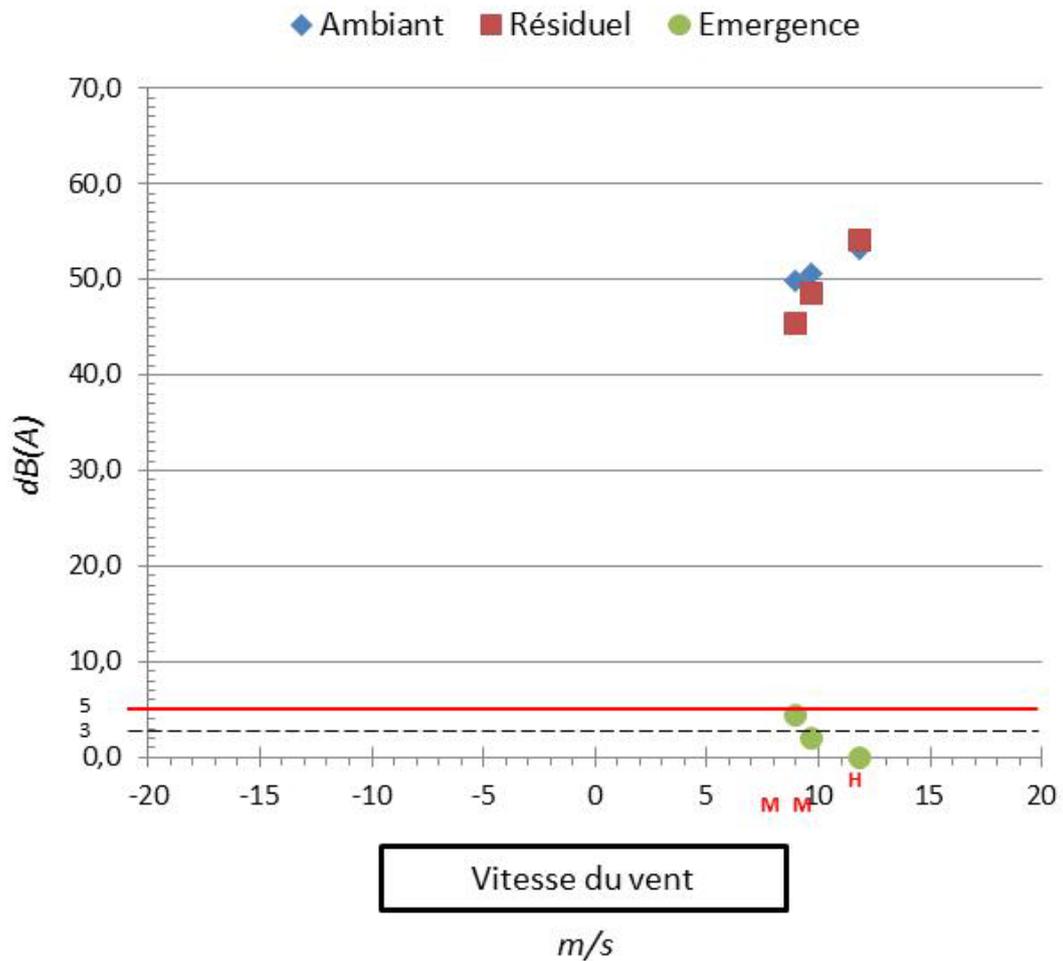


Vitesse du vent
m/s

Fiche récapitulative
Mât N°1 Bis / Point N°5

4.8 Point 7 (page 43).

Eolienne audible



Fiche récapitulative
Mât N°1 Bis / Point N°7

4.9 Conclusion.

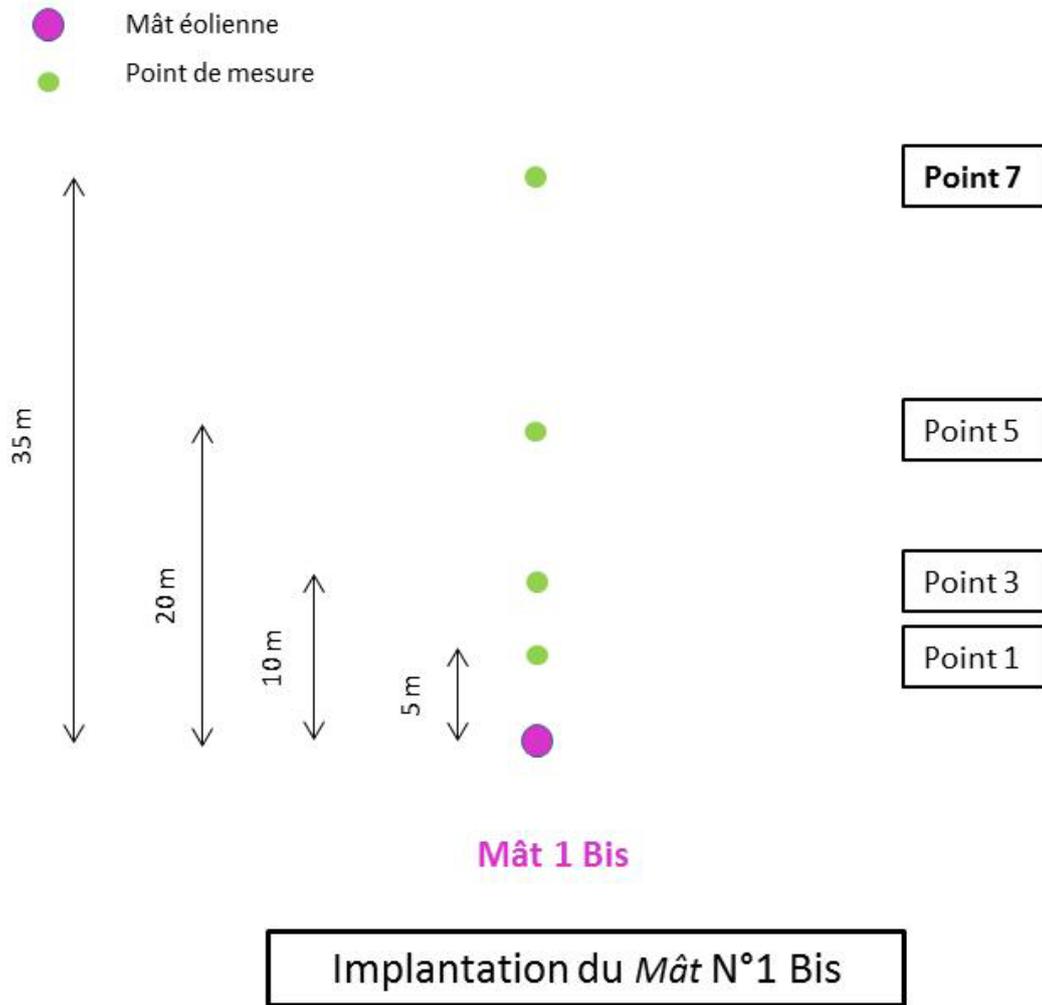
Cette éolienne, Piggott 3.6, **pour la plage de vent étudiée et pour le niveau de bruit environnant existant** est audible.

La cotation obtenue (**Annexe II, page 47**), pour l'ensemble des configurations étudiées, est de **063**, la classant dans la catégorie de **Potentiel d'Insertion Sonore (P.I.S) : Faible**.

CCC		Excellent	
9CC		Très bon	
6CC		Bon	
0CC		Moyen	
06C		Faible	063 Piggott 3.6
00C			

Voir en annexe 2 (page 47) la signification de la notation utilisée.

4.10 Implantation des points de mesure



5 Protocole de mesure et de test

5.1 Les objectifs

Le Site Expérimental pour le Petit Eolien de Narbonne est destiné à observer le comportement et les performances d'éolienne d'une puissance inférieure à 10 kW proposés à l'essai dans le cadre d'une démarche volontaire par un constructeur ou un distributeur officiel.

Les points suivants ont été étudiés:

- o évaluation du fonctionnement, de la sécurité, de la qualité, de la fiabilité et de l'intégrité des aérogénérateurs et systèmes associés, selon le protocole de mesures défini dans ce document et se rapprochant dans la mesure du possible des règles et procédures IEC WT01 et de la norme IEC61400-2
- o mesures de la courbe de puissance et de la production d'énergie électrique de la machine en fonction du potentiel éolien, selon le protocole de mesures défini dans ce document et se rapprochant dans la mesure du possible de la norme IEC61400-12
- o mesures des niveaux sonores aux fréquences audibles (bruit acoustique) à proximité des machines, selon le protocole de mesures défini par la R&D EDF, et se rapprochant dans la mesure du possible de la norme IEC61400-11
- o évaluation de la qualité du courant électrique produit, selon un protocole de mesures des perturbations du réseau défini par la R&D EDF, et se rapprochant dans la mesure du possible de la norme IEC61400-21
- o mesure des conditions d'environnement du site (vitesse, direction et turbulence du vent, température, pression et humidité relative)
- o appréciation de l'impact visuel (enquête réalisée auprès des visiteurs sur le site du SEPEN)

L'enregistrement et le traitement des relevés de mesures ont été réalisés sur le site d'essais durant la période de fonctionnement de l'équipement mis à disposition.

5.2 Les installations

Le site d'essai est équipé (voir cartes et plans de détails) :

- d'un local technique ou sont regroupés :
 - les accès au réseau de chaque éolienne avec un emplacement réservé à l'installation des équipements de connexion au réseau de chaque machine
 - les équipements de mesures et tests :
 - sécurité et comptage d'énergie
 - mesures des perturbations réseau
 - mesures de puissance
 - mesure des données d'environnement (vent, température, pression et humidité)
 - enregistrement, visualisation et accès à distance des données
- de plusieurs embases d'installations pour les éoliennes pouvant recevoir des machines montées sur support haubané basculant ou sur support autoporteur
- d'un mât de mesure haubané équipé :
 - d'anémomètres et de girouettes à différentes hauteurs
 - d'un capteur de température, de pression et d'humidité relative
- des équipements de sécurité et comptage d'énergie
 - système de sécurité pour déconnecter les sources d'énergie
 - compteurs d'énergie générée et consommée
- des équipements de mesure de bruit (à disposition durant les campagnes de mesure uniquement)
- des équipements de mesure des perturbations réseau
- des équipements de mesures de puissance
 - centrales de mesure de puissance (monophasé ou triphasé équilibré ou non)
 - prise d'information courant par transformateur de courant capteur à effet Hall
 - sortie d'information par interface RS485 ou par signal analogique 4-20mA
 - visualisation des paramètres réseau (tension, courant, fréquence, puissances active et réactives ...)
- des équipements de mesure des données d'environnement
 - vitesse de vent
 - direction de vent
 - température ambiante
 - pression atmosphérique

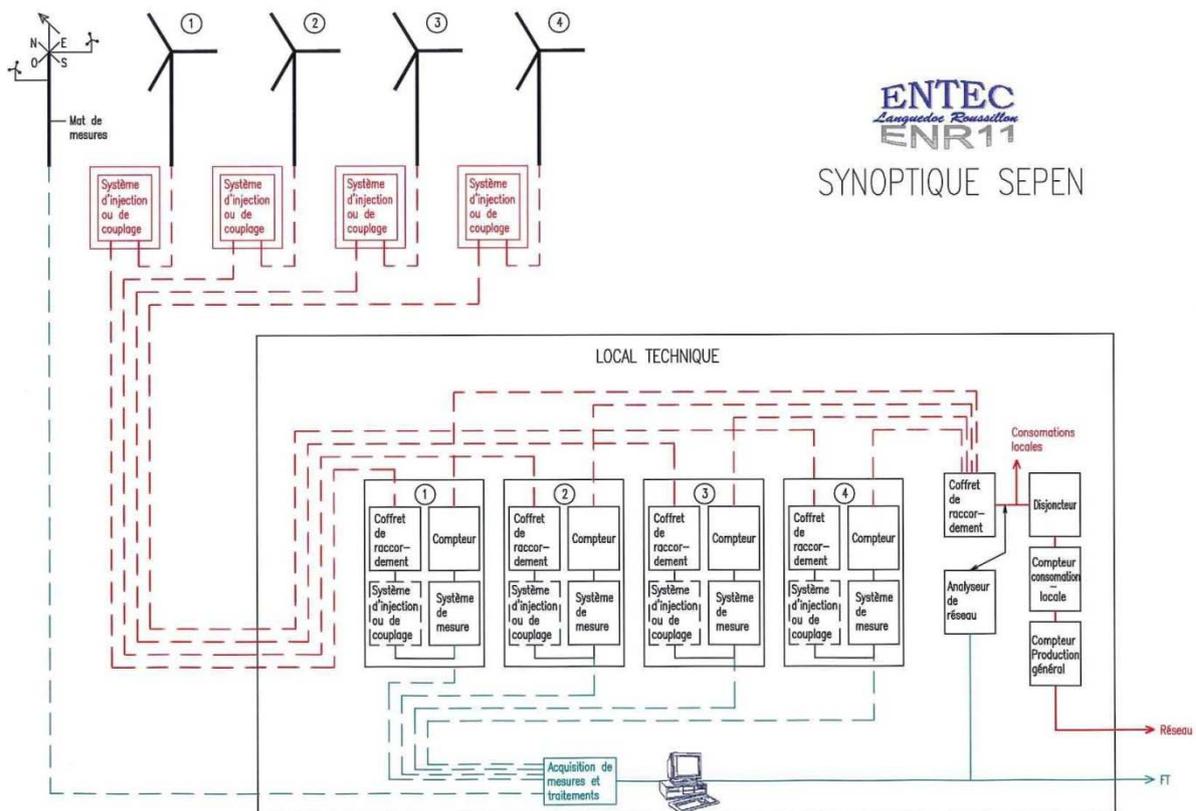
- humidité relative
- des équipements d'enregistrement
 - ordinateur avec carte d'acquisition RS485 ou entrées analogiques ou ethernet
 - enregistrement de toutes les données chaque seconde
 - traitement statistique sur 1mn (moyenne, écart type, valeurs min. et max.)
 - enregistrement journalier des données dans un fichier informatique
 - possibilité d'extraction d'enregistrements pour analyse de perturbations ou autres
 - visualisation sur écran PC en local et à distance

Sauf indication contraire pour un test particulier, les tests suivront les procédures suivantes :

- enregistrement de toutes les données toutes les 2 secondes
- traitement statistique sur 1mn (moyenne, écart type, valeurs min. et max.)
- enregistrement journalier des données dans un fichier informatique
- inspection visuelle périodique du site d'essai (toute anomalie sera consignée)
- en cas de changement d'équipement (de mesure ou matériel testé) le test sera réinitialisé
- tout au long de la campagne de mesure, la cohérence des données sera vérifiée périodiquement pour assurer la qualité et la répétitivité des résultats
- un registre sera maintenu à jour sur tous les événements importants survenus durant la période de mesure. Tout opérateur intervenant sur le matériel en cours de test devra systématiquement renseigner le questionnaire intitulé « Fiche d'intervention SEPEN »

Rapports : chaque test fera l'objet d'un rapport

- rapport intermédiaire (avancement des mesures, tests et essais)
- rapport supplémentaire possible à la demande de l'apporteur et à sa charge.
- rapport d'anomalie(s) détectable(s) le cas échéant
- rapport final



De 4 embases d'installations pour les aérogénérateurs :

- 1 embase pouvant recevoir un aérogénérateur de 7m de diamètre maximum (environ 10kVA), monté sur support haubané basculant ou sur support autoporteur, de hauteur 18m maximum
- 1 embase pouvant recevoir un aérogénérateur de 5m de diamètre maximum (environ 5kVA), monté sur support haubané basculant ou sur support autoporteur, de hauteur 18m maximum
- 2 embases pouvant recevoir deux aérogénérateurs de 5m de diamètre maximum (environ 5kVA), monté sur support haubané basculant uniquement de hauteur, 18m maximum
- chaque embase est destinée à recevoir une adaptation mécanique au mât du constructeur
- d'un mât de mesure haubané de hauteur 30m, équipé de :
 - 4 anémomètres placés à 30 et 20 (NRG #40H dont 1 calibré)
 - 2 girouettes placées à 20 et 10m (NRG #200P)
 - 6 transducteurs de signaux avec sorties 4-20mA (Lumel P120 et P12U)
- des équipements de mesure de bruit (à disposition durant les campagnes de mesure uniquement)

5.3 Données météo du site

Les données météo du site seront indiquées lorsqu'une période de mesure suffisamment longue permettra d'obtenir des données fiables.

5.4 Tests de fonctionnement et de sécurité

5.4.1 Objectifs du test

- vérifier que l'éolienne démontre un comportement de fonctionnement conforme à sa conception
- vérifier que les dispositions relatives à la sécurité des personnes sont correctement mises en pratique
- tester que les systèmes de contrôle et de protection fonctionnent avec satisfaction
- vérifier le bon comportement dynamique de l'éolienne à au moins 1,8 fois la vitesse de vent correspondant à sa puissance nominale (donnée constructeur)

5.4.2 Tests de fonctionnement et de sécurité

- observation d'orientation à différentes vitesses de vent
- test de séquences de mise en route et d'arrêt suivant les protocoles préconisés par le constructeur
- vérification de la puissance générée par rapport aux données constructeur
- vérification de la limitation de la vitesse du rotor
- simulations de perte réseau (microcoupure et coupure franche)
- simulation de perte de charge (éolienne déconnecté de l'onduleur ou du réseau)
- test des verrouillages contre les changements non autorisés des paramètres système
- vérifications des systèmes et procédures de sécurité (mécanique, électrique) pour installation et maintenance
- vérification du système de mise à la terre et de protection foudre

5.4.3 Critères de bon fonctionnement et de sécurité

- orientation franche et bien amortie (sans à-coups ni vibrations), les observations seront consignés dans le registre
- puissance générée vérifiée et dans une plage acceptable par rapport aux données constructeur, tout écart sera consigné (données extraites de la mesure de la courbe de puissance)

- limitation de la puissance et de la vitesse rotor à des valeurs acceptables (sécurité) et dans la plage de fonctionnement constructeur, les courbes de vitesse rotor maximum et puissance maximum en fonction de la vitesse de vent seront analysées
- observation des séquences de mises en route et d'arrêts fiables et sécurisées
- comportement fiable et sans danger lors de coupures réseau, lors d'ouvertures (rapides ou non) de la connexion réseau le comportement de la machine, la vitesse rotor et la puissance seront analysés
- comportement fiable et sans danger lors de pertes de charge (si présence onduleur), lors de l'ouverture de la connexion à l'onduleur, le comportement de la machine, la vitesse rotor seront analysés
- verrouillages efficaces contre les changements non autorisés des paramètres système
- systèmes et procédures de sécurité adéquats, description et analyse des systèmes (mécaniques et électriques), procédures et documents
- systèmes de mise à la terre et protection foudre adéquats (description et analyse)

5.4.4 Paramètres mesurés pour le test de fonctionnement et de sécurité (données mesurées et enregistrées pour l'établissement de la courbe de puissance)

- vitesse et direction du vent
- puissance machine
- vitesse rotor (si extraction image possible du signal électrique)
- disponibilité machine

5.4.5 Traitement des données pour le test de fonctionnement et de sécurité

- enregistrement des données à la seconde (ou plus si besoin)
- traitement statistique sur 10mn et/ou 1mn
- enregistrement journalier des données dans un fichier informatique
- traitement mensuel des fichiers
- rapport intermédiaire mensuel

5.5 Tests de fiabilité

5.5.1 Objectifs du test

- investiguer l'intégrité structurelle et la dégradation temporelle du système, des composants ou des matériaux (fêlures, déformations, usures ...)

- investiguer la qualité des protections environnementales (corrosion, peintures et joints ...)
- tester le comportement dynamique de l'éolienne et de son système de connexion réseau sur la durée des essais

5.5.2 Test de fiabilité

- fonctionnement fiable sur la période de mise à disposition (6 mois)
- production durant au moins 2500 heures quelque soit la vitesse de vent
- production durant au moins 250 heures à vitesse supérieure ou égale à $1,2 V_{ave}$ et au dessus
- production durant au moins 25 heures à vitesse supérieure ou égale à $1,8 V_{ave}$ et au dessus

Classe des petits aérogénérateurs (PAG) suivant IEC 61400-2

Classe de PAG	I	II	III	IV
V_{ref} (m/s)	50	42.5	37.5	30
V_{e50} (m/s)	70	59.5	52.5	42
V_{ave} (m/s)	10	8.5	7.5	6

5.5.3 Critères de fiabilité

- disponibilité d'au moins 90% sur la durée des essais
- pas de défaillance majeure de l'éolienne ou d'un composant du système pendant la durée du test (si une défaillance majeure survient, le constructeur peut apporter les réparations nécessaires, et le test est réinitialisé dans les limites de la durée contractuelle)
- pas d'usure ou corrosion significative, pas de dégât sur les composants du système, trouvés lors d'inspection périodiques ou de l'inspection finale
- pas de dégradation temporelle significative de la puissance produite pour les mêmes vitesses de vent (suivant données constructeur)
- production de l'énergie mesurée supérieure à 80% de l'énergie attendue (suivant données constructeur)

5.5.4 Paramètres mesurés pour le test de fiabilité (données mesurées et enregistrées pour l'établissement de la courbe de puissance)

- vitesse et direction du vent
- puissance machine
- disponibilité machine

5.5.5 traitement des données pour le test de fiabilité

- enregistrement des données à la seconde
- traitement statistique sur 10mn et/ou 1mn
- enregistrement journalier des données dans un fichier informatique
- traitement mensuel des fichiers
- rapport intermédiaire mensuel

5.6 Mesures de la courbe de puissance

- les données seront enregistrées en continu, avec une fréquence d'échantillonnage de la seconde :
 - vitesse du vent à 10, 20 et 30m
 - direction du vent à 10, 20 et 30m
 - température à 10m
 - pression atmosphérique
 - humidité relative
 - puissance active machine au point de connexion réseau (local technique)
- les données seront ensuite traitées pour en extraire les informations suivantes par pas de 10mn et/ou 1mn :
 - valeur moyenne
 - écart type
 - valeur maximum
 - valeur minimum
- la série sera ignorée si un des évènements suivant est intervenu (évènement enregistré au moins une fois pendant la période de 10mn et/ou 1mn) :
 - machine indisponible
 - défaillance d'un équipement de test
 - direction de vent en dehors des secteurs autorisés
- les séries retenues seront corrigées et normalisés pour 2 densités de l'air de référence (moyenne de la densité de l'air mesurée sur le site d'essai et densité de l'air au niveau de la mer, standard ISO 1,225kg/m³)
- le rapport de mesure comportera :
 - la courbe de puissance normalisée (méthode des intervalles sur les séries de données normalisées, voir norme IEC61400-12 §5.2)
 - la production annuelle d'énergie (corrélation de la courbe de puissance avec la distribution de vitesse de vent de Rayleigh, voir norme IEC61400-12 §5.3)
 - le coefficient de puissance C_p (voir norme IEC61400-12 §5.4)

5.6.1 Détermination des directions de vent valides

Pour calculer le secteur de direction de vent autorisé pour la mesure de chaque machine, il faut prendre en compte les obstacles avoisinants, qui peuvent être un autre aérogénérateur, des arbres, le mât de mesures ... La norme IEC61400-12 donne un calcul permettant de définir quels sont les angles de secteur de vent perturbés par des aérogénérateurs voisins en fonction du diamètre et de la hauteur de ceux-ci.

Secteur perturbé : $\alpha = 2 \text{Arctan} (2D_n/L_n + 0.25)$

où D_n est le diamètre de la machine voisine

L_n est la distance entre les 2 machines

Cette formule a été appliquée pour chaque plot de machine, le tableau suivant résume les caractéristiques des obstacles pris en compte, et les limites des angles de secteurs perturbés ainsi calculés.

La hauteur et la largeur des obstacles autres que les machines voisines (arbres) n'ayant pas été mesurées, le calcul n'a pas été appliqué pour ces cas d'obstacles. Cependant, les secteurs perturbés finaux retenus sont assez fortement pénalisants, puisqu'ils englobent en fait la totalité des secteurs perturbés de chaque machine, comme représenté sur le schéma suivant.

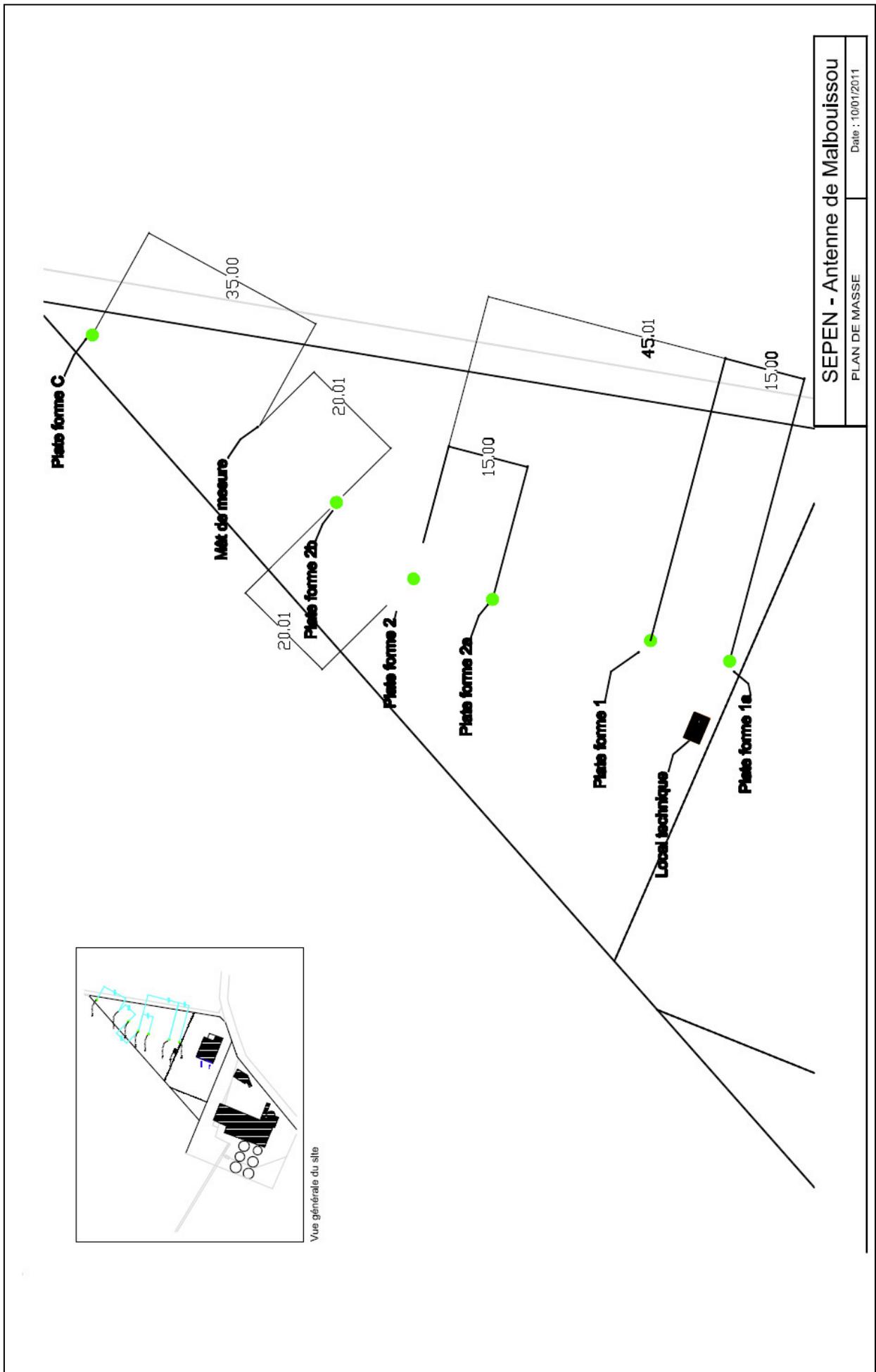
On peut remarquer que, par rapport à la direction Nord, les 2 gros secteurs perturbés correspondent à l'alignement des 4 plots. Les machines ont été installées de telle sorte qu'elles soient face aux vents dominants (vent de nord-ouest et vent de sud-est).

Dans le programme de traitement on élimine donc toutes les données dont la direction du vent se trouve dans un des 2 secteurs perturbés.

Plot	Obstacle	Diamètre Dn ou De	Distance Ln ou Le	Alpha	Limite inférieure	Limite supérieure
Mât de mesure	Bâtiments Est et Sud				126°	248°
Mât de mesure	PF C	10	40	104°	320°	65°
Mât de mesure	PF 2	10	41	103	174°	277°
Mât de mesure	PF 1	10	71	68°	181	249°
					Secteur valide	
PF ⁽¹⁾ C	Bâtiments+mât de mesure				248°	320°
PF 2	Bâtiments+mât de mesure				249°	79°
PF 1	Bâtiments+mât de mesure				254°	44°

Tableau récapitulatif des caractéristiques des obstacles pour le calcul des secteurs perturbés.

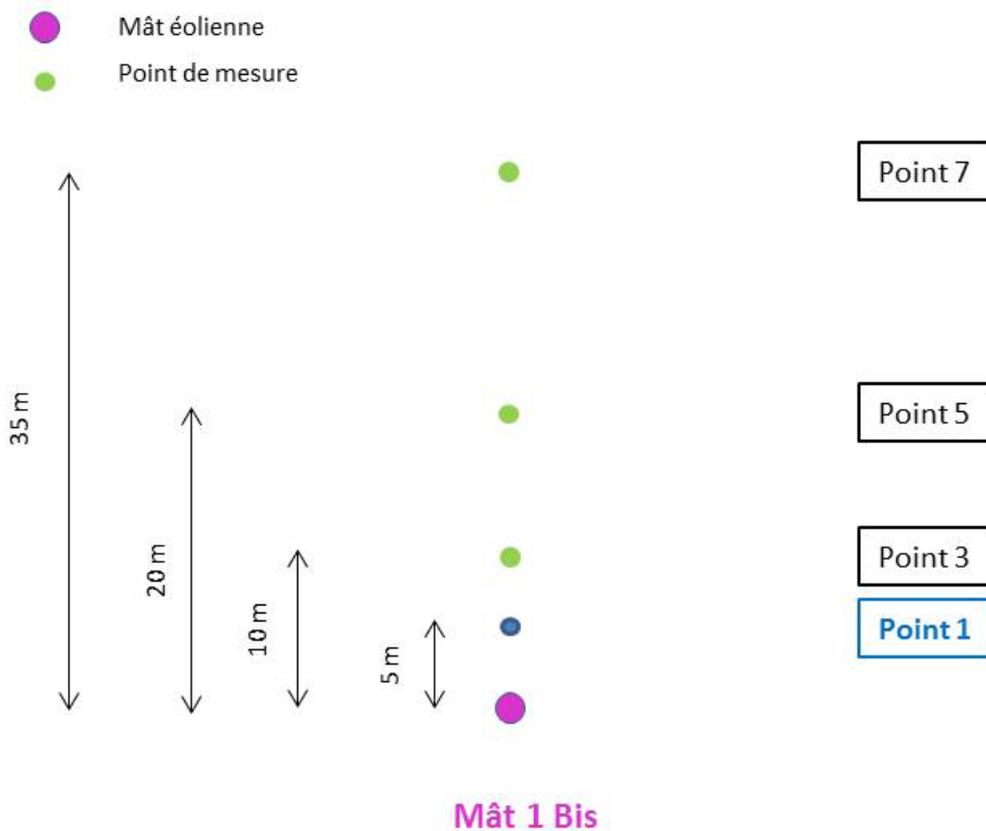
(1) PF : plate forme



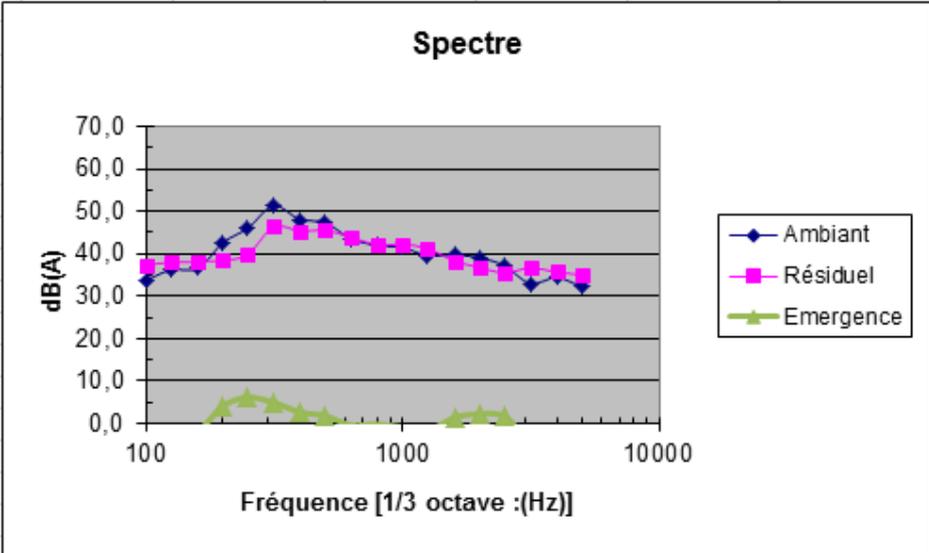
6 Annexe 1

**Caractérisation du rayonnement
de l'Eolienne Piggott 3.6**

6.1 Point N° 1



Date : 24/12/2012 Campagne 1



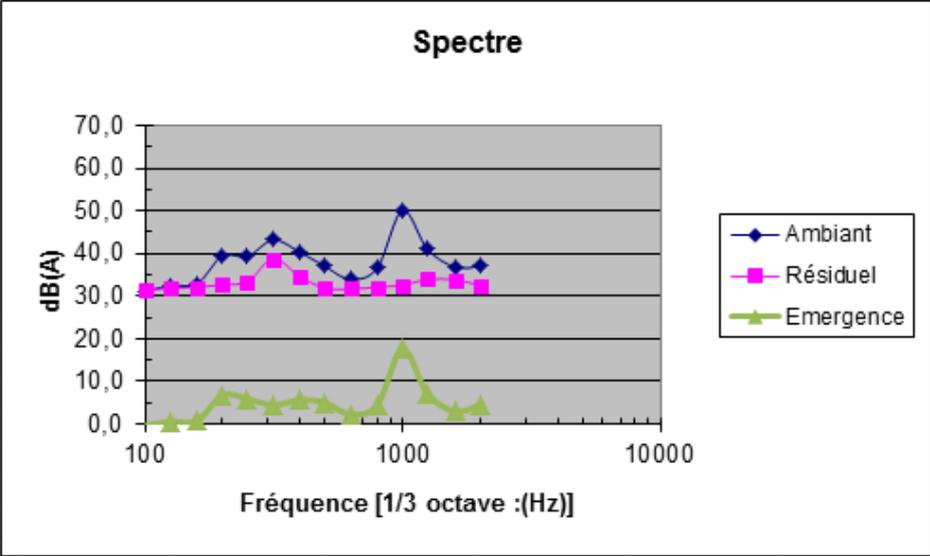
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	33,7	37,4	-3,7
125	36,2	37,9	-1,8
160	36,6	38,2	-1,6
200	42,6	38,5	4,2
250	46,0	39,8	6,2
315	51,3	46,3	5,0
400	48,0	45,4	2,7
500	47,4	45,5	1,8
630	43,6	43,9	-0,3
800	42,0	42,1	-0,1
1000	41,5	42,3	-0,8
1250	39,6	41,2	-1,6
1600	39,7	38,3	1,5
2000	39,1	36,8	2,3
2500	37,2	35,5	1,7
3150	33,0	36,7	-3,7
4000	34,4	35,7	-1,3
5000	32,2	35,0	-2,8
Global	56,6	54,4	2,1

Vent m/s	12,6	12,5
----------	------	------

Immission	Gêne	Perception
Audible	Non Avérée	L

Point 1

Date : 29/12/2012 Campagne 2



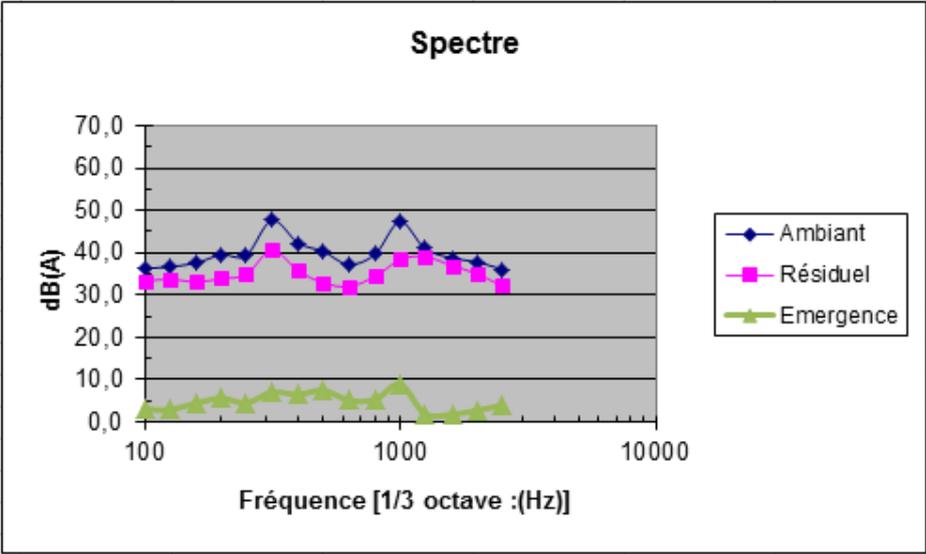
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	31,0	31,3	-0,3
125	32,5	31,9	0,6
160	33,0	32,1	0,9
200	39,5	32,7	6,8
250	39,3	33,4	6,0
315	43,2	38,8	4,5
400	40,3	34,6	5,7
500	37,0	31,9	5,1
630	33,9	31,7	2,2
800	36,7	32,1	4,6
1000	50,1	32,6	17,6
1250	41,0	33,9	7,1
1600	36,8	33,9	3,0
2000	37,0	32,5	4,5
2500	0,0	0,0	0,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	52,7	45,5	7,3

Vent m/s	8,6	8,9
----------	-----	-----

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	LM

Point 1

Date : 29/12/2012 Campagne 3



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	36,4	33,3	3,1
125	36,7	33,8	2,9
160	37,6	33,1	4,5
200	39,6	33,9	5,7
250	39,4	34,9	4,5
315	47,7	40,6	7,1
400	42,3	35,8	6,5
500	40,4	32,9	7,5
630	37,2	32,1	5,2
800	39,7	34,4	5,4
1000	47,4	38,4	9,0
1250	41,0	39,1	2,0
1600	38,8	37,0	1,8
2000	37,8	35,0	2,8
2500	36,1	32,2	3,9
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	53,5	48,4	5,1

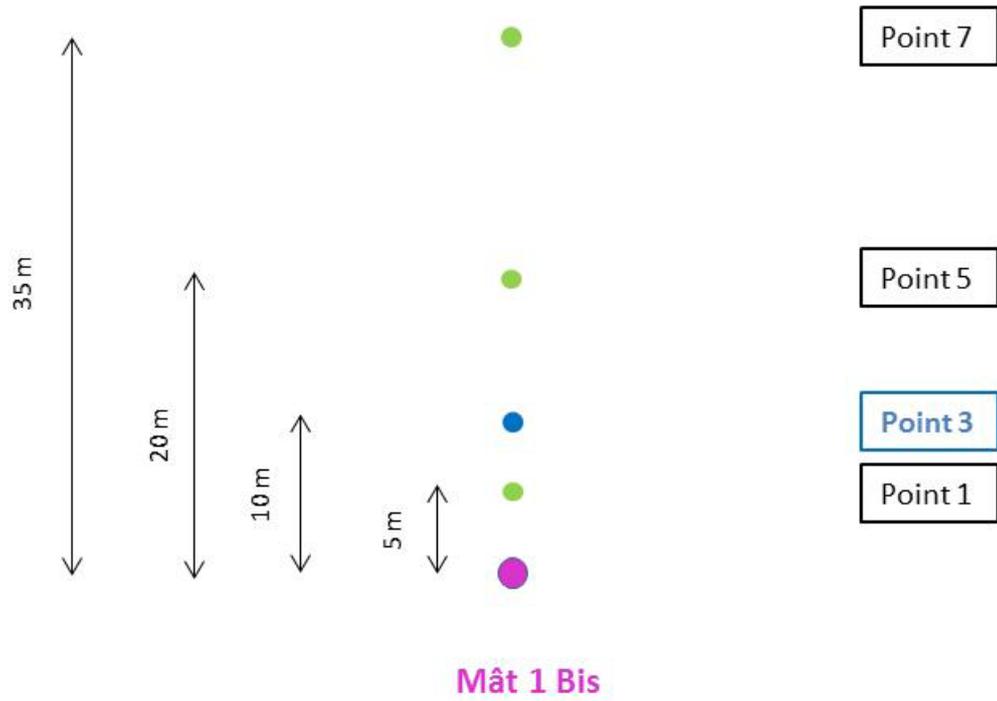
Vent m/s 9,2 9

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	LM

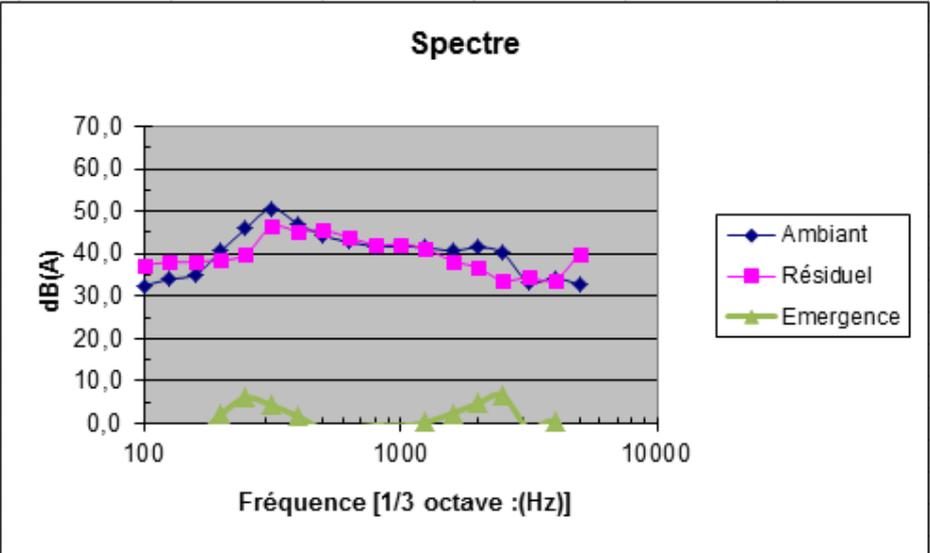
Point 1

6.2 Point N° 3

- Mât éolienne
- Point de mesure



Date : 24/12/2012 Campagne 1



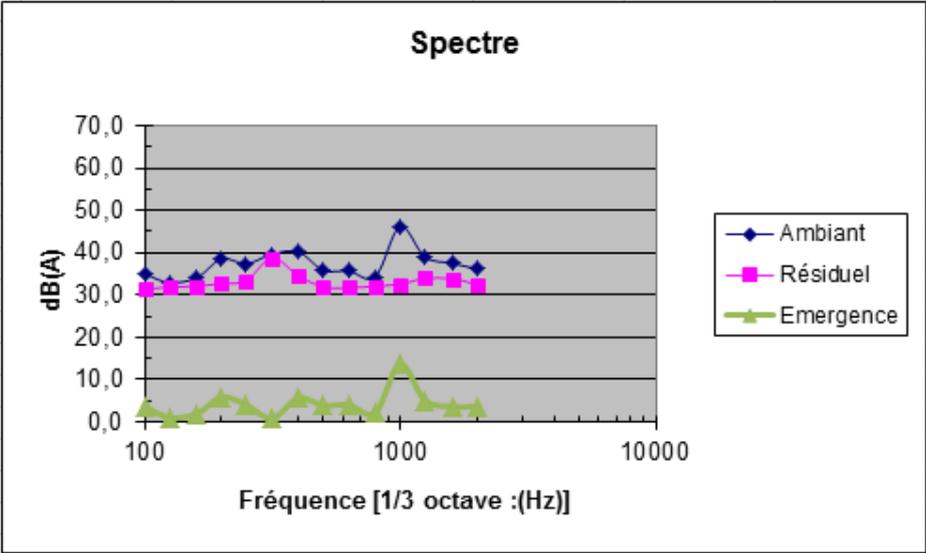
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	32,4	37,4	-5,0
125	34,0	37,9	-4,0
160	35,2	38,2	-3,0
200	40,6	38,5	2,2
250	45,9	39,8	6,1
315	50,6	46,3	4,3
400	47,0	45,4	1,7
500	44,3	45,5	-1,3
630	42,8	43,9	-1,1
800	41,7	42,1	-0,4
1000	41,8	42,3	-0,5
1250	41,5	41,2	0,2
1600	40,7	38,3	2,4
2000	41,5	36,8	4,7
2500	40,3	33,7	6,6
3150	33,4	34,4	-1,0
4000	34,3	33,8	0,5
5000	32,7	40,0	-7,3
Global	55,9	54,4	1,4

Vent m/s	12,1	12,5
----------	------	------

Immission	Gêne	Perception
Audible	Non Avérée	L H

Point 3

Date : 29/12/2012 Campagne 2



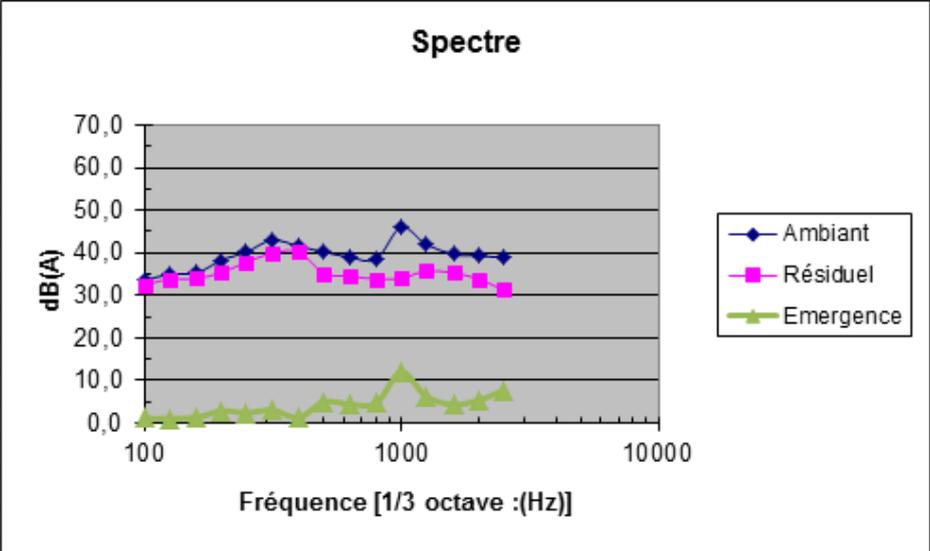
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	35,0	31,3	3,7
125	33,0	31,9	1,1
160	34,1	32,1	2,0
200	38,6	32,7	5,8
250	37,4	33,4	4,1
315	39,6	38,8	0,9
400	40,2	34,6	5,6
500	35,9	31,9	4,0
630	35,7	31,7	4,0
800	34,3	32,1	2,2
1000	46,2	32,6	13,7
1250	39,0	33,9	5,1
1600	37,5	33,9	3,7
2000	36,2	32,5	3,7
2500	0,0	0,0	0,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	51,0	45,5	5,6

Vent m/s 7,7 8,9

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	LM

Point 3

Date : 29/12/2012 Campagne 3



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	33,5	32,4	1,1
125	35,0	33,8	1,1
160	35,3	33,9	1,4
200	38,3	35,4	2,9
250	40,2	37,8	2,4
315	43,0	39,9	3,1
400	41,6	40,2	1,3
500	40,2	35,2	5,0
630	39,0	34,5	4,5
800	38,6	33,9	4,7
1000	46,0	34,0	12,0
1250	42,0	35,7	6,3
1600	39,7	35,3	4,3
2000	39,3	33,9	5,4
2500	38,9	31,3	7,7
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	52,3	48,6	3,7

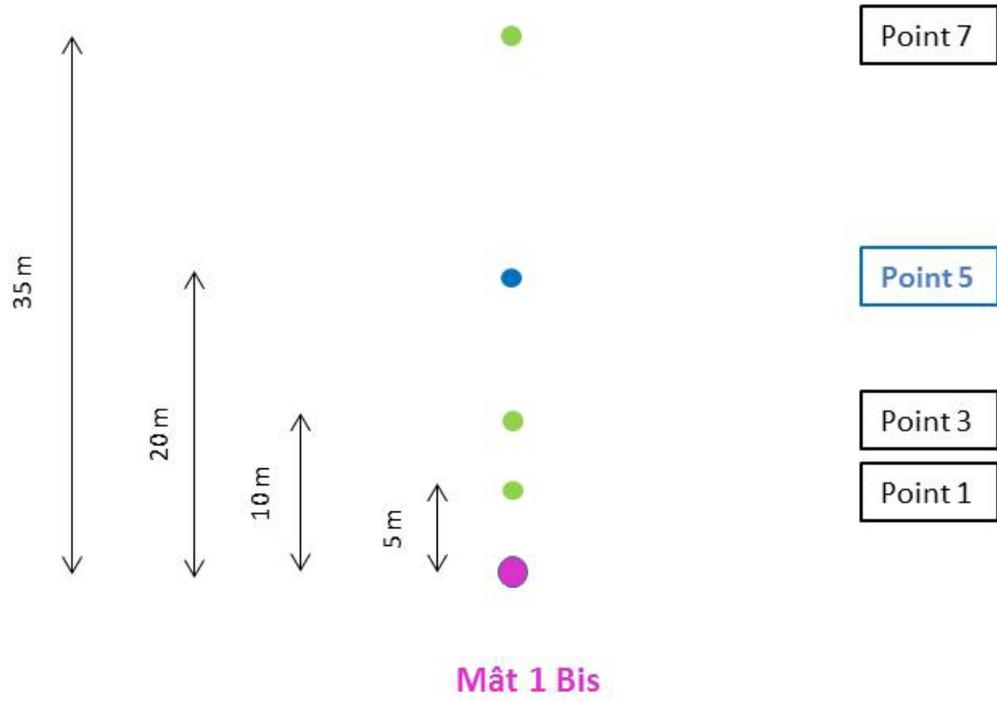
Vent m/s	10,1	9,5
----------	------	-----

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	MH

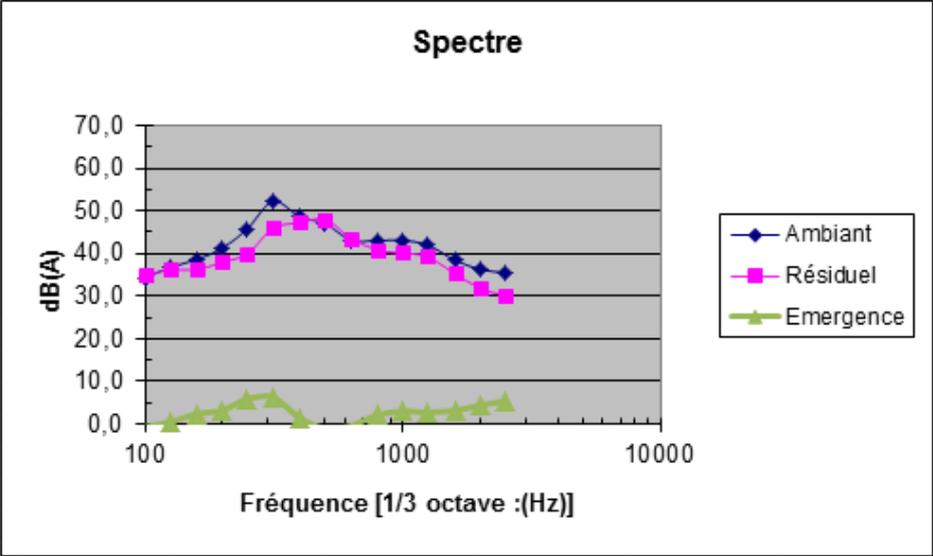
Point 3

6.3 Point N°5

- Mât éolienne
- Point de mesure



Date : 24/12/2012 Campagne 1



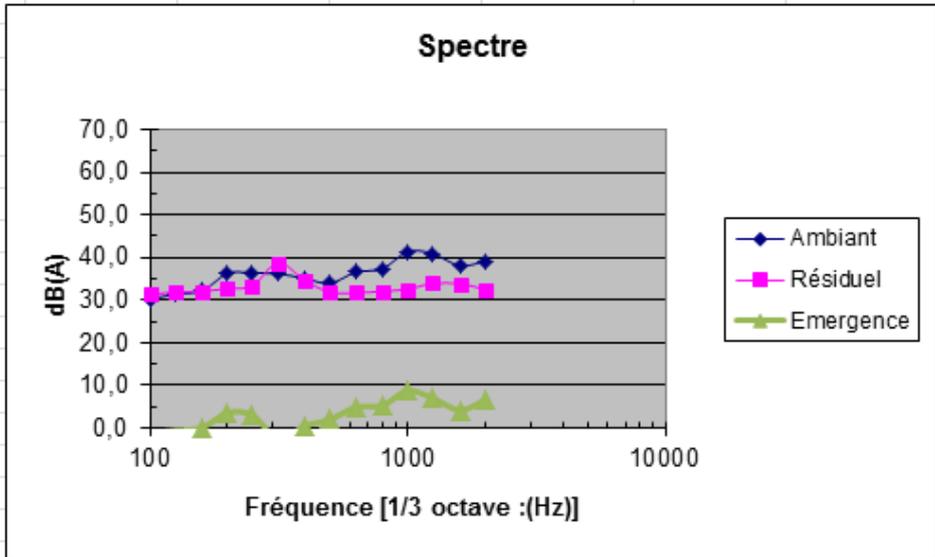
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	34,3	35,0	-0,7
125	36,7	36,2	0,5
160	38,7	36,3	2,4
200	41,3	38,0	3,2
250	45,8	39,9	5,9
315	52,2	46,0	6,3
400	48,6	47,2	1,4
500	47,1	48,0	-1,0
630	43,2	43,6	-0,4
800	43,0	40,8	2,2
1000	43,1	40,1	3,0
1250	42,0	39,2	2,7
1600	38,4	35,2	3,2
2000	36,3	31,9	4,4
2500	35,5	30,1	5,4
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	56,8	54,1	2,7

Vent m/s	11	11,5
----------	----	------

Immission	Gêne	Perception
Audible	Non Avérée	L H

Point 5

Date : 29/12/2012 Campagne 2



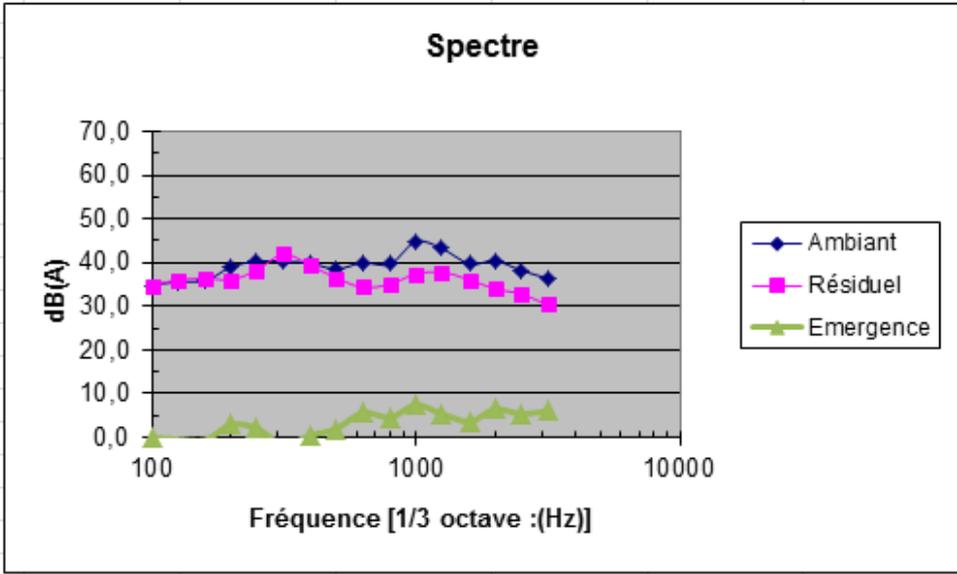
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	30,2	31,3	-1,1
125	31,4	31,9	-0,5
160	32,2	32,1	0,1
200	36,3	32,7	3,6
250	36,4	33,4	3,0
315	36,2	38,8	-2,6
400	35,1	34,6	0,5
500	33,9	31,9	2,0
630	36,6	31,7	4,9
800	37,4	32,1	5,3
1000	41,3	32,6	8,8
1250	40,9	33,9	7,0
1600	38,1	33,9	4,2
2000	39,2	32,5	6,7
2500	0,0	0,0	0,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	49,7	45,5	4,2

Vent m/s	8,7	8,9
----------	-----	-----

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	MH

Point 5

Date : 29/12/2012 Campagne 3



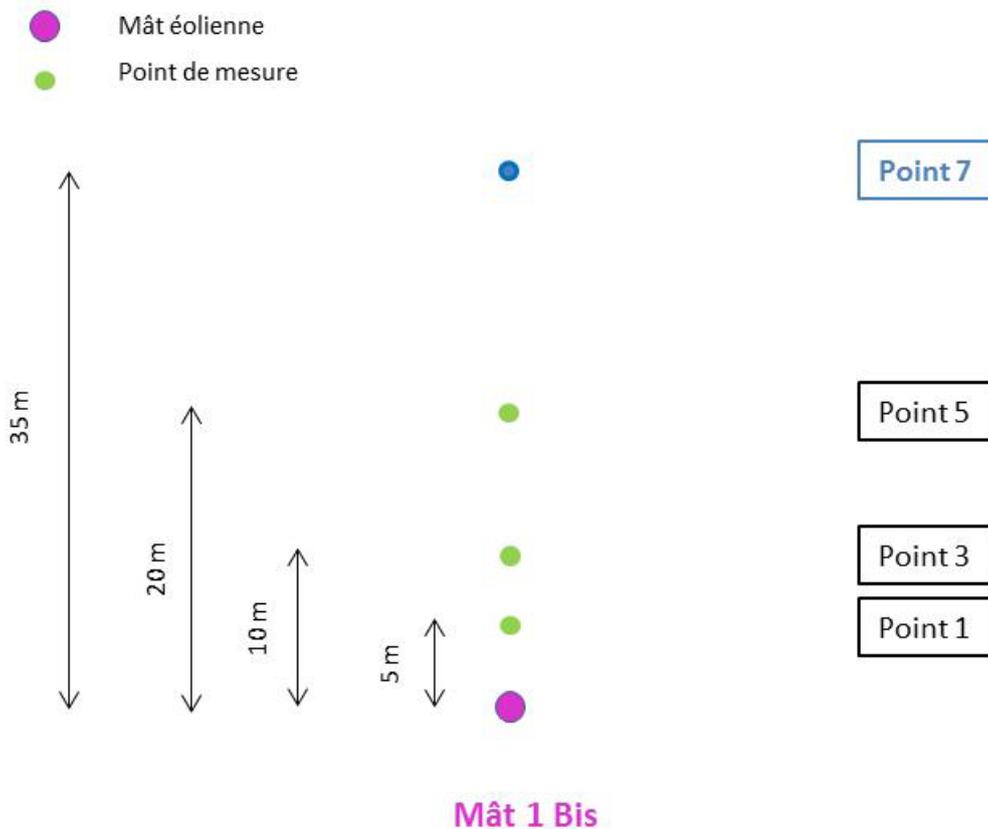
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	34,8	34,8	0,0
125	35,7	36,0	-0,4
160	35,9	36,4	-0,5
200	39,1	36,1	3,0
250	40,3	38,3	2,1
315	40,3	41,9	-1,6
400	39,9	39,4	0,5
500	38,5	36,5	2,0
630	40,0	34,4	5,7
800	39,7	35,1	4,6
1000	44,8	37,4	7,4
1250	43,3	37,9	5,5
1600	39,7	36,1	3,7
2000	40,4	34,0	6,5
2500	38,3	32,9	5,4
3150	36,4	30,4	6,1
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	51,9	49,8	2,1

Vent m/s	11	10,5
----------	----	------

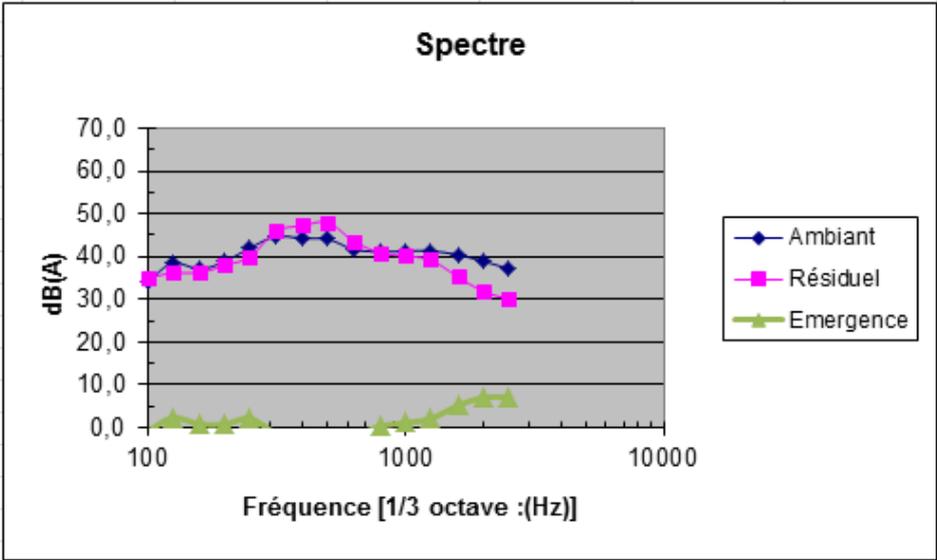
Immission	Gêne	Perception
Audible	Non Avérée	MH

Point 5

6.4 Point N°7



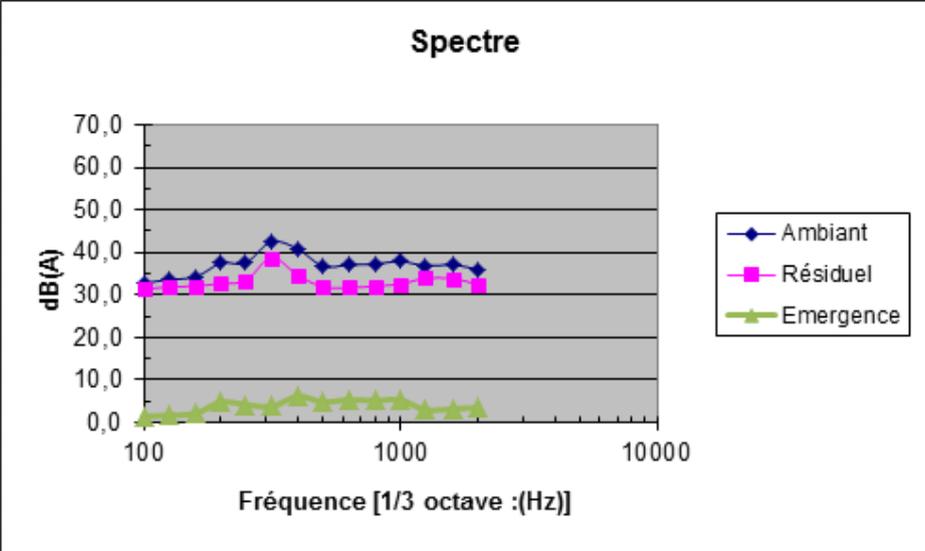
Date : 24/12/2012 Campagne 1



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	33,9	35,0	-1,0
125	38,5	36,2	2,3
160	37,1	36,3	0,8
200	38,9	38,0	0,8
250	42,1	39,9	2,2
315	44,7	46,0	-1,3
400	44,3	47,2	-3,0
500	44,1	48,0	-3,9
630	41,7	43,6	-1,9
800	41,1	40,8	0,3
1000	41,2	40,1	1,1
1250	41,3	39,2	2,1
1600	40,4	35,2	5,2
2000	38,9	31,9	7,1
2500	37,2	30,1	7,1
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	53,1	54,1	-1,0
Vent m/s	12,1	11,5	
	Immission	Gêne	Perception
	Audible	Non Avérée	H

Point 7

Date : 29/12/2012 Campagne 2



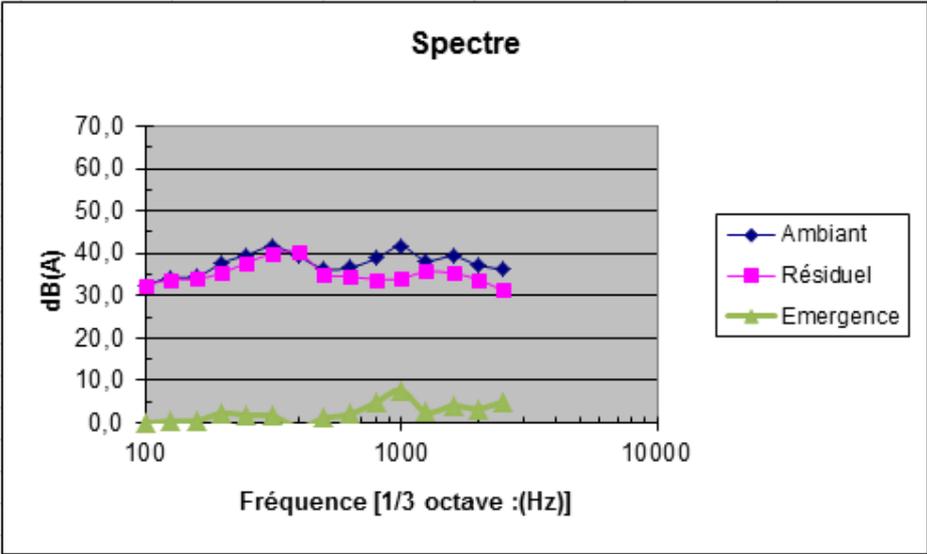
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	32,8	31,3	1,5
125	33,6	31,9	1,7
160	34,3	32,1	2,2
200	37,5	32,7	4,8
250	37,6	33,4	4,2
315	42,6	38,8	3,8
400	40,8	34,6	6,2
500	36,8	31,9	4,9
630	37,1	31,7	5,4
800	37,3	32,1	5,2
1000	37,9	32,6	5,4
1250	36,9	33,9	3,0
1600	37,1	33,9	3,2
2000	36,1	32,5	3,6
2500	0,0	0,0	0,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	49,8	45,5	4,3

Vent m/s	9	8,9
----------	---	-----

Immission	Gêne	Perception
Audible	Avérée	M

Point 7

Date : 29/12/2012 Campagne 3



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	32,4	32,4	0,0
125	34,2	33,8	0,4
160	34,5	33,9	0,6
200	37,7	35,4	2,3
250	39,6	37,8	1,8
315	41,6	39,9	1,7
400	39,2	40,2	-1,0
500	36,3	35,2	1,1
630	36,6	34,5	2,1
800	38,8	33,9	4,9
1000	41,7	34,0	7,7
1250	38,3	35,7	2,6
1600	39,3	35,3	4,0
2000	37,2	33,9	3,3
2500	36,2	31,3	5,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	50,6	48,6	2,0
Vent m/s	9,9	9,5	
Immission	Gêne	Perception	
Audible	Non Avérée	M	

Point 7

7 Annexe 2

Notation.

Cette notation a pour objectif de déterminer le potentiel d'insertion sonore (**P.I.S**) de l'éolienne dans l'environnement en milieu de bâti groupé. Plus la note est importante, plus l'éolienne présente des caractéristiques aptes à s'intégrer dans un milieu donné.

L'échelle de notation s'étend de la valeur 00C à la valeur CCC, valeurs signifiants respectivement un faible potentiel d'insertion sonore et un excellent potentiel d'insertion sonore.

Le premier symbole (à gauche), précise le nombre de configurations où le fonctionnement de l'éolienne est inaudible. L'ensemble des trois campagnes recoupe 12 configurations notées : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C.

Exemple : les trois distances les plus éloignées du mât ne sont pas audibles. Seules les 3 configurations proches du mât sont perceptibles. Nous avons donc 9 configurations inaudibles. Le premier symbole sera 9.

Le deuxième symbole précise le nombre de fois où la gêne n'est pas avérée sur les 12 possibilités données. La gêne est avérée lorsque l'émergence globale est supérieure à 3.5 dB(A). La notation est identique à celle du premier symbole de 1 à C.

Exemple : 2 configurations présentent des émergences globales supérieures à 3.5 dB(A). Le deuxième symbole sera A.

Le troisième symbole caractérise le nombre de fois où la perception de l'éolienne n'existe pas. La perception est reconnue lorsque un des symboles L, M, H (émergence dans une bande de tiers d'octave supérieure à 5 dB(A)) est mentionnée.

Exemple : Si sur l'ensemble des configurations apparaissent les lettres M (3 fois) et H, le troisième symbole sera 8.

Dans le où l'émergence globale est retenue (prépondérante), décrémentation du 2° symbole, les perceptions ne sont pas alors prises en compte concernant cette configuration, le 3° symbole restera donc inchangé.

Afin de faciliter intuitivement la compréhension de cette échelle de valeurs, nous avons associé à une gamme de valeurs, une classe de qualité se répartissant de la manière suivante :

CCC		Excellent
9CC		Très bon
6CC		Bon
0CC		Moyen
06C		Faible
00C		

Le niveau CCC indique que les 12 configurations mesurées sont inaudibles, donc que les 12 ne sont pas gênantes et que les douze ne sont pas perceptibles.

Le niveau 06C indique :

- 0 : aucune configuration est inaudible.
- 6 : 6 configurations ne sont pas « gênantes ».
- C : les 12 configurations ne sont pas perceptibles.

Nous avons donc à partir de la notation d'une éolienne, connaissance de la classe à laquelle elle appartient.

Exemple : une éolienne notée 699 (indice PIS) sera de classe « **Bon** ».