

Site Expérimental pour le Petit Eolien de Narbonne

Rapport de Test n° 24.1 du 10/10/ 2011

Eolienne Southwest Windpower - Air Breeze 24 V

Marque	Southwest Windpower
Référence	Air Breeze
Type	axe horizontal
Nombre de pales	3
Diamètre du rotor	1.17 m
Type de régulation	électronique
Puissance nominale	160 W à 12.5 m/s
Connexion réseau	Charge batterie
Type de mât	Basculant haubané
Apporteur	Mercinat
Période de test	17/11/2010 - 21/04/2011
Période de mesure	17/12/2010 - 18/01/2011



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	5
2.2.1	<i>Dégradation de la structure.....</i>	<i>5</i>
3	Résultats des mesures de performance.....	6
3.1	Courbe de puissance	6
3.1.1	<i>Courbe de puissance mesurée au SEPEN.....</i>	<i>6</i>
3.1.2	<i>Courbe de puissance constructeur.....</i>	<i>7</i>
3.2	Coefficient de puissance	7
3.3	Production énergétique.....	8
4	Mesures de bruit acoustique	10
4.1	Objet.	11
4.2	Principe.	11
4.3	Mesure	12
4.4	Analyse	13
4.5	Point 1 (page 37)	14
4.6	Point 3 (page 41).	15
4.7	Point 5 (page 45).	16
4.8	Point 7 (page 49).	17
4.9	Conclusion.	18
4.10	Implantation des points de mesure	19
5	Protocole de mesure et de test.....	20
5.1	Les objectifs.....	20
5.2	Les installations.....	21
5.3	Données météo du site.....	25
5.4	Tests de fonctionnement et de sécurité	29
5.4.1	<i>Objectifs du test</i>	<i>29</i>
5.4.2	<i>Tests de fonctionnement et de sécurité.....</i>	<i>29</i>
5.4.3	<i>Critères de bon fonctionnement et de sécurité.....</i>	<i>29</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>30</i>
5.4.5	<i>Traitement des données pour le test de fonctionnement et de sécurité</i>	<i>30</i>
5.5	Tests de fiabilité	30
5.5.1	<i>Objectifs du test</i>	<i>30</i>
5.5.2	<i>Test de fiabilité.....</i>	<i>31</i>
5.5.3	<i>Critères de fiabilité.....</i>	<i>31</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>31</i>
5.5.5	<i>traitement des données pour le test de fiabilité</i>	<i>31</i>
5.6	Mesures de la courbe de puissance	33
5.6.1	<i>Détermination des directions de vent valides.....</i>	<i>34</i>
6	Annexe 1	36
6.1	Point N°1	37
6.2	Point N°3.....	41
6.3	Point N°5.....	45
6.4	Point N°7.....	49
7	Annexe 2	53

1 Les données constructeur

SPECIFICATIONS

Puissance nominale	160 W à 12.5 m/s
Diamètre du rotor	1.17 m
Poids	5.9 kg
Vitesse vent de démarrage	2.68 m/s
Pales	3 pales - composite moulé par injection
Matériaux boîtier nacelle	Aluminium moulé protégé contre la corrosion marine
Contrôle de la puissance	Régulateur contrôlé par microprocesseur avec recherche du pic de puissance (MPPT)
Contrôle survitesse	Contrôle électronique du couple
Voltage	12, 24 et 48 Vdc (modèle testé : 24 V)
Vitesse de survie	49.2 m/s
Garantie	3 ans (constructeur)

Source : http://www.windenergy.com/sites/webtest.windenergy.com/files/3-CMLT-1095_Air_Breeze_spec.pdf

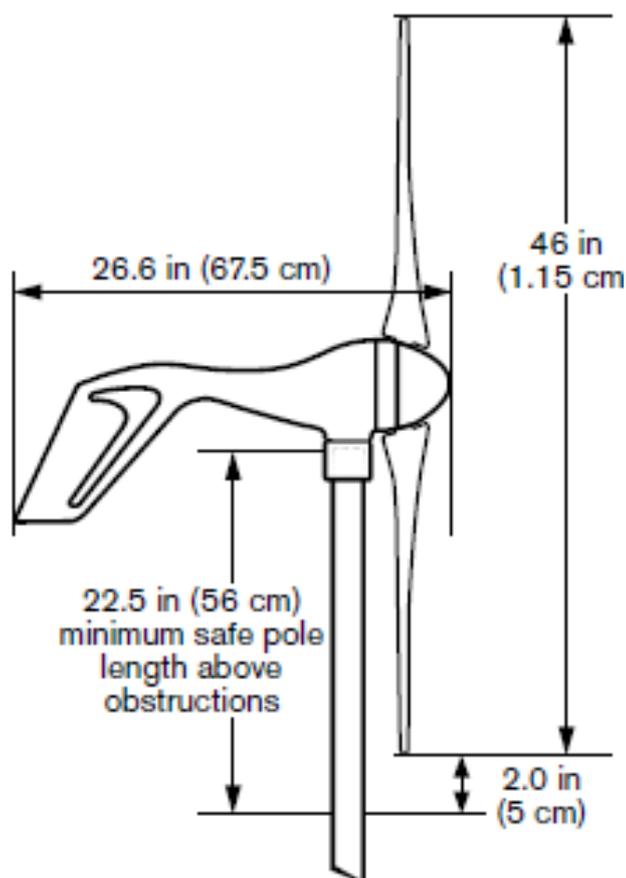


Figure 1-1 Dimensions globales

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	<i>charge batterie</i>
Modification paramètres système	validé
Sécurité installation et maintenance	validé
Protection foudre/mise à la terre	validé

2.2 Fiabilité

Vitesse de vent nominale : 12.5 m/s

Puissance nominale : 160 W

Vitesse survie (V_{e50}) : 49.2 m/s

Classe IEC de la Air Breeze : IV (voir §5.5.2)

Tests	Observations
Production > 2500 h $V_{vent} > 0$ m/s	validé
Production > 250 h $V_{vent} > 9.0$ m/s	validé en classe III
Production > 25 h $V_{vent} > 13.5$ m/s	validé en classe III

2.2.1 Dégradation de la structure

Aucune dégradation observée.

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.

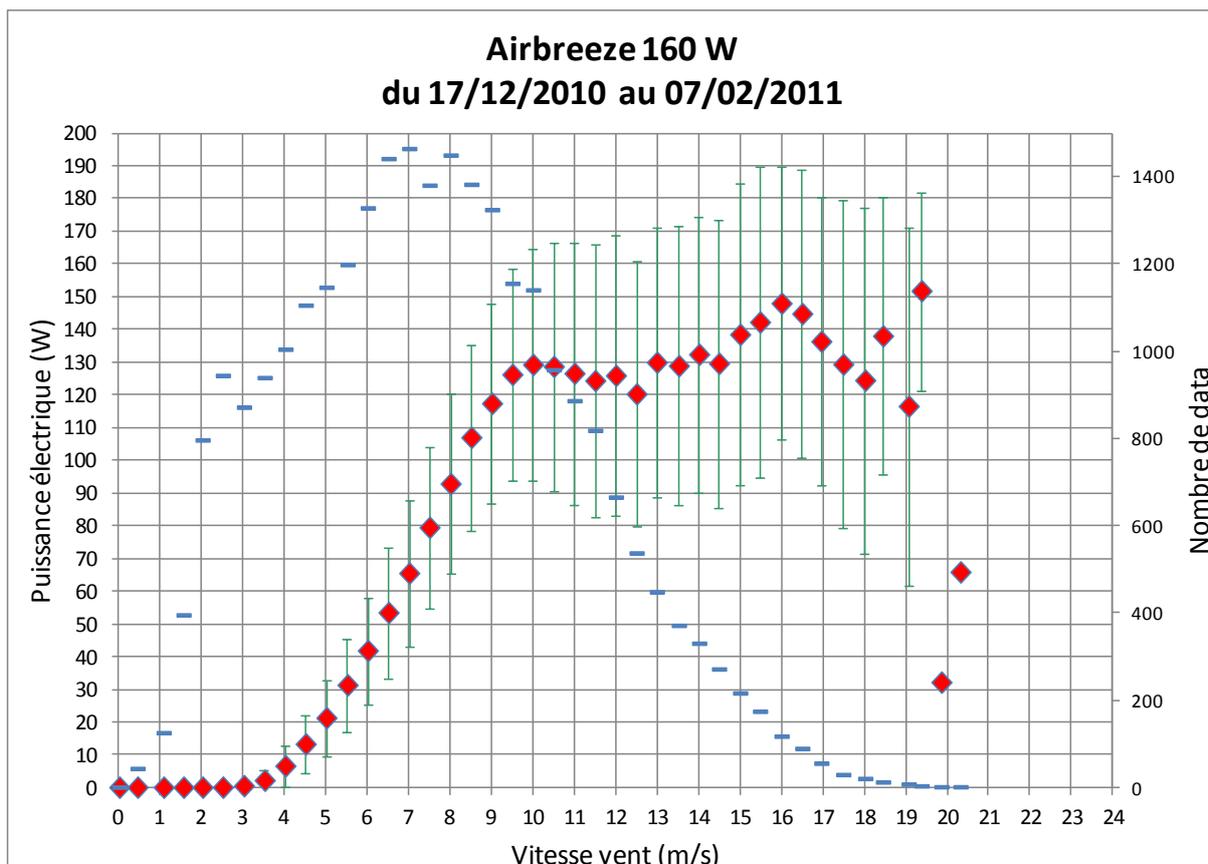


Figure 3-1 Courbe de puissance Air Breeze

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 (°)	180 à 360
Plage de gradient vertical	0.0 à 0.3
Plage intensité de turbulence (%)	0 à 20

3.1.2 Courbe de puissance constructeur

Pas de courbe constructeur disponible.

3.2 Coefficient de puissance

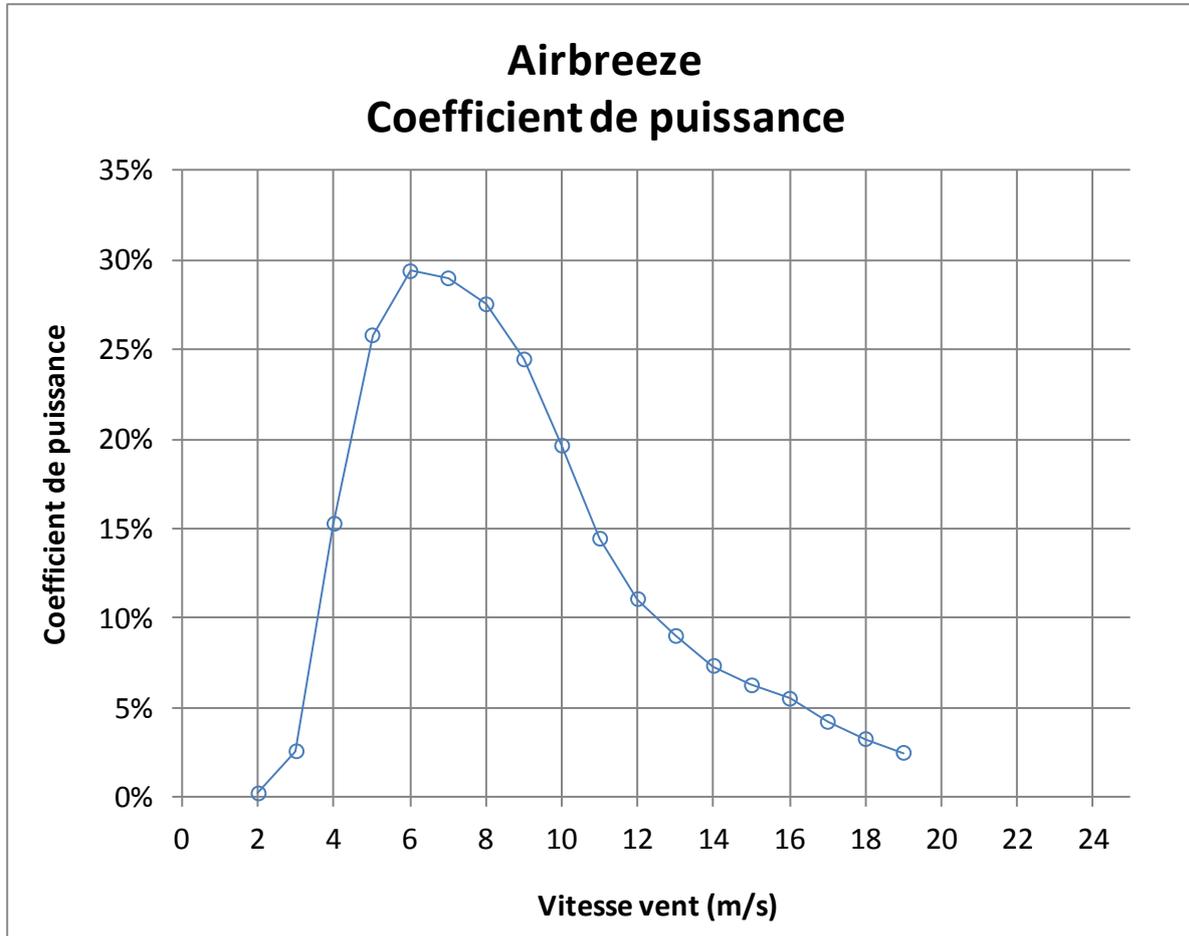


Figure 3-2 Coefficient de puissance Air Breeze

Le coefficient de puissance atteint 29,4 % à 6 m/s et reste supérieur à 25 % de 5 à 9 m/s plage de vitesse de vent la plus productive pour les sites petit éolien. Pour un aérogénérateur de cette taille ce résultat est une bonne performance.

3.3 Production énergétique

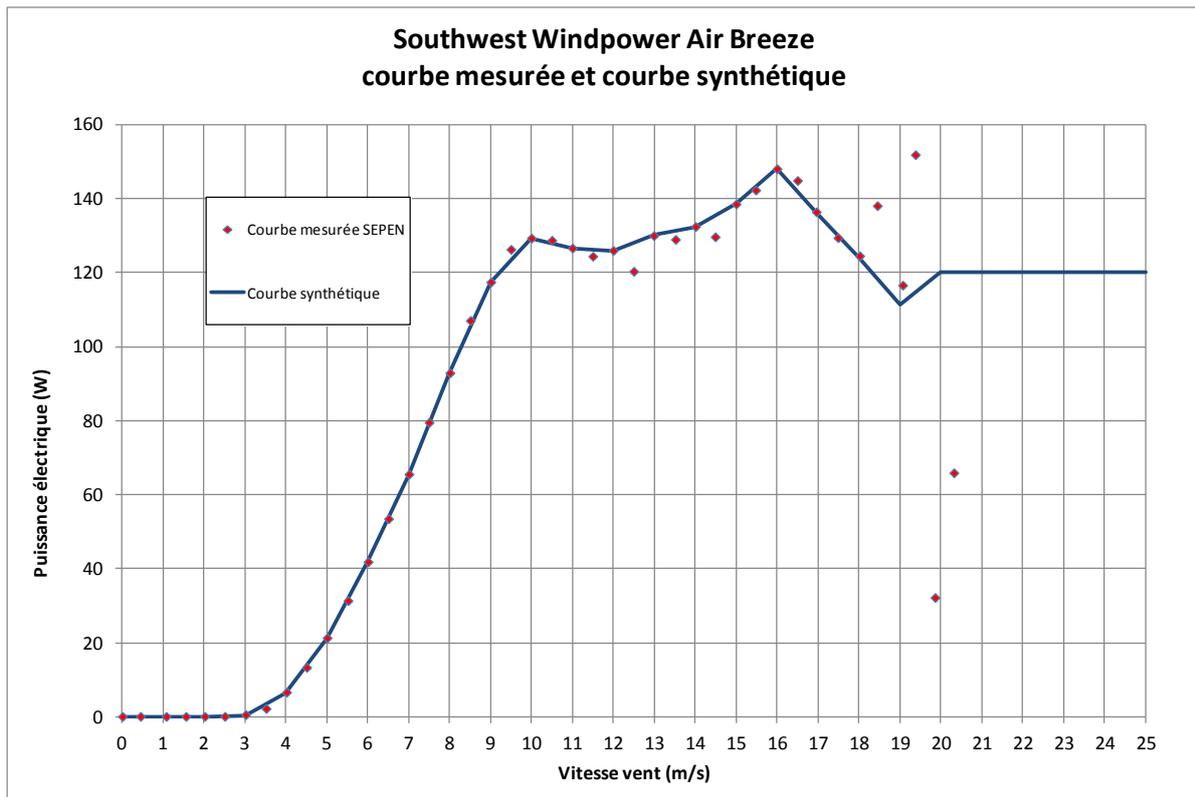


Figure 3-3 Courbe de puissance retenue pour le calcul de la production énergétique annuelle.

Pour le calcul de la production énergétique la courbe de puissance mesurée a été prolongée jusqu'à 25 m/s avec une puissance estimée à 120 W.

MONTHLY ENERGY²

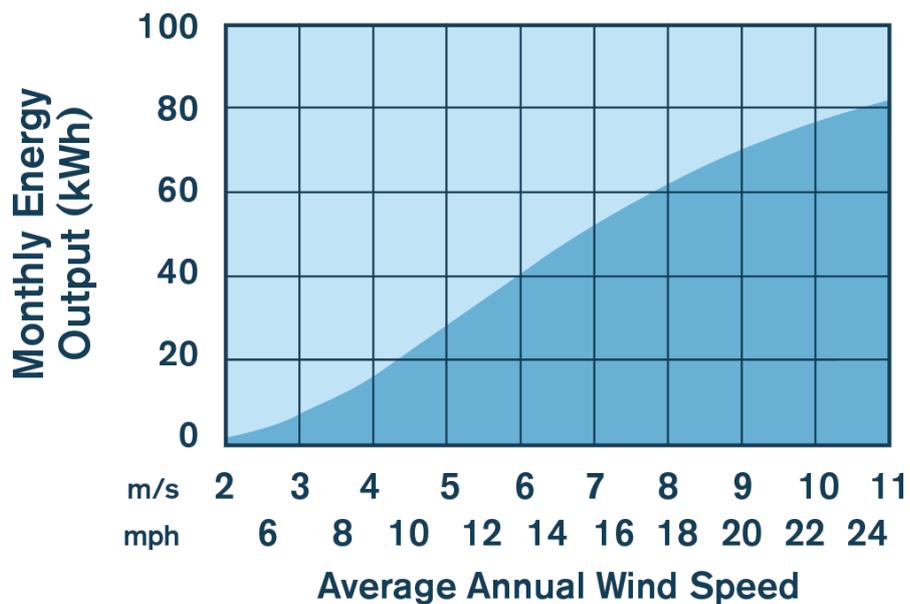


Figure 3-4 Production énergétique mensuelle indiquée par le constructeur.

Vitesse moyenne annuelle [m/s]	Production mesures SEPEN (courbe synthétique) [kWh/an]	Production constructeur [kWh/an]
2.00	8.2	18.0
2.50	27.4	47.8
3.00	61.3	84.0
3.50	109.1	131.7
4.00	167.6	192.0
4.50	232.6	263.5
5.00	300.0	339.6
5.50	366.7	413.9
6.00	430.7	486.0
6.50	490.7	556.5
7.00	546.0	624.0
7.50	596.5	686.9
8.00	642.1	744.0
8.50	682.9	794.7
9.00	719.2	840.0
9.50	751.4	880.9
10.00	779.6	918.0

Figure 3-5 Tableau comparatif des productions énergétiques annuelles à partir des mesures SEPEN et des données du constructeur pour une distribution de Weibull ($K = 2$)

A 5 m/s, vitesse moyenne annuelle courante pour les sites propices au petit éolien, la production estimée à partir de la courbe de puissance mesurée au SEPEN est égale à 88 % de celle indiquée par le constructeur. Étant donné le niveau de turbulence relativement élevé du site du SEPEN à Montplaisir, nous pouvons considérer les résultats obtenus comme étant en adéquation avec ceux fournis par le constructeur. A noter également que la puissance de sortie de l'aérogénérateur est dépendante de la tension sur les bornes de la batterie, si cette tension dépasse un certain seuil la puissance décroît afin de protéger la batterie.

4 Mesures de bruit acoustique



PHILIPPE ZULIANI

938, chemin des Dames Noires

82000 Montauban

Tél : 05 63 63 38 61

Portable : 06 07 14 76 61

Adresse électronique : philippe.zuliani@wanadoo.fr

Date: 07 janvier 2011

Réf: AnalysePhase4Mat5.doc

4.1 **Objet.**

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

4.2 **Principe.**

Le site de Montplaisir comporte 4 mâts susceptibles de recevoir simultanément 4 éoliennes. La figure page 19, précise l'implantation relative de ces structures.

L'analyse de cet impact sonore se fait à travers le texte réglementaire du 18 Avril 1995, décret 95-408 « 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, 10 m, 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 été reconduite pour les trois autres éoliennes.

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 01/12/2010 sur le mât N°2 du site

4.3 Mesure

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

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		
		01/12/2010 15H30	01/12/2010 13H30	01/12/2010 14H30
Air Breeze	5	X	X	X

L'ensemble des résultats est présenté au niveau de l'annexe I (page 36).

4.4 Analyse

Les trois premières campagnes correspondent à trois configurations de vent : si pour les deux premières campagnes, le vent provenait de la terre (Portant par rapport à l'éolienne), lors de la troisième campagne, il venait de la mer (Debout par rapport à l'éolienne) : lors des **campagnes 1 et 2**, nous pouvons le considérer comme **faible**. Durant la campagne suivante, il était **moyen**.

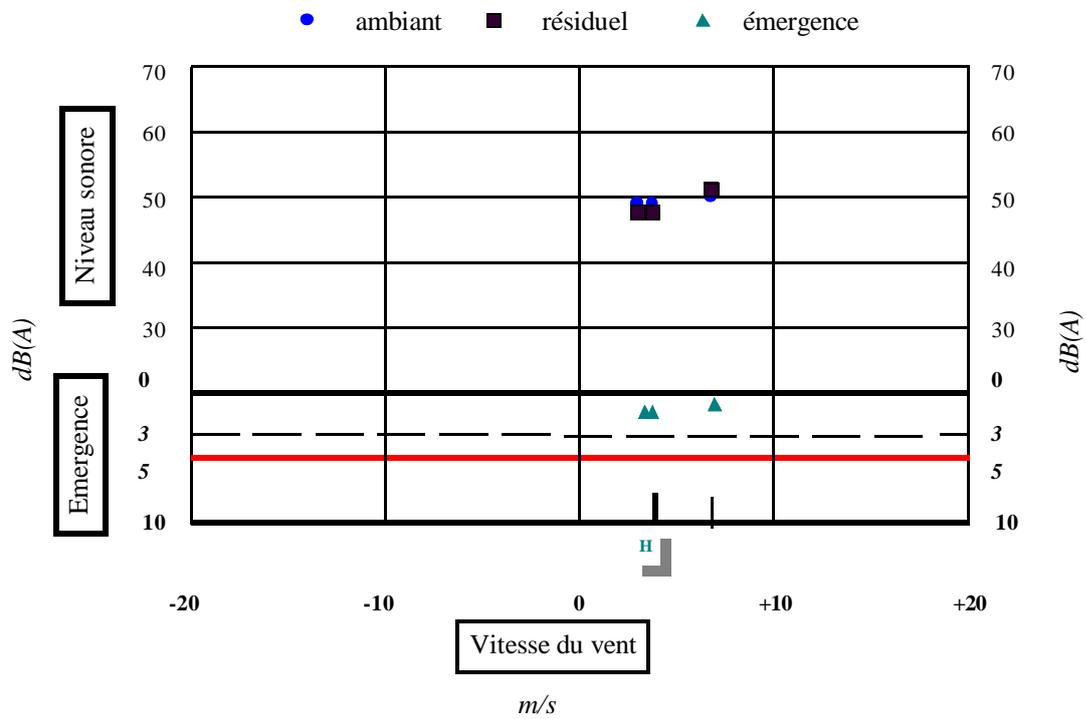
La force associée à l'orientation du vent a un impact immédiat sur le bruit résiduel perçu, dépendant de la circulation autoroutière, de la végétation environnante, présence de pins, végétation de type maquis, de la topographie du lieu.

En effet nous voyons que le bruit résiduel, varie de 47 dB(A) à 38 dB(A), plus important sur la crête, (points 1 et 3) que sur le versant (points 5 et 7), constatation surtout valable lors de vent provenant de la terre (effet d'écran développé par la topographie vis à vis de l'A61). Durant la présence de vent marin, l'A9, voire la Route Nationale, constituant les deux sources principales, ne voient pas leur impact réduit par ce phénomène, car elles sont en vision directe du site de Montplaisir. Par contre leur éloignement plus important met en exergue le phénomène d'absorption atmosphérique particulièrement sensible dans les fréquences élevées (2000 Hz et 4000 Hz) : obtention de courbes caractéristiques avec un plateau atteignant l'octave 1000 Hz, puis chute drastique du niveau pour les octaves plus élevées.

4.5 Point 1 (page 37)

Eolienne présentant à des vitesses réduites, une « perception » prononcée, concrétisée par un spectre spécifique élevé à partir de 1250 Hz.

01/12/2010

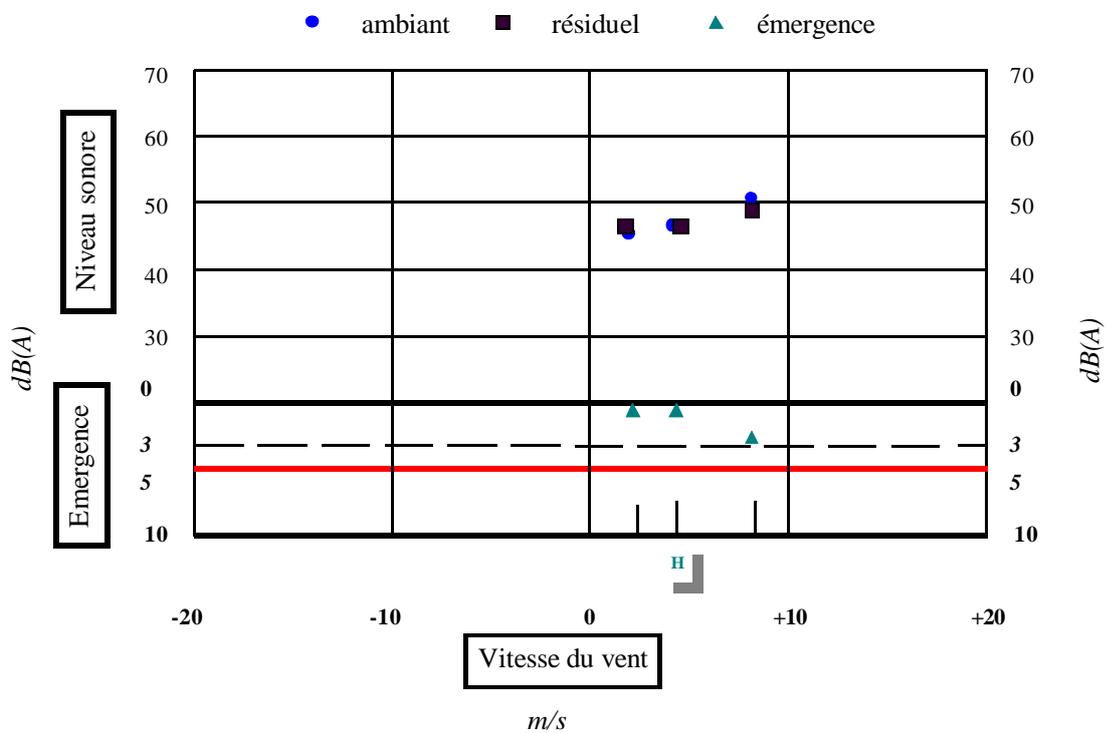


Fiche récapitulative
Mât N°5 / Point N°1

4.6 Point 3 (page 41).

Remarques identiques à celles du point 1. Aux alentours de 4 m/s, phénomènes de « perception » prononcée (H).

01/12/2010

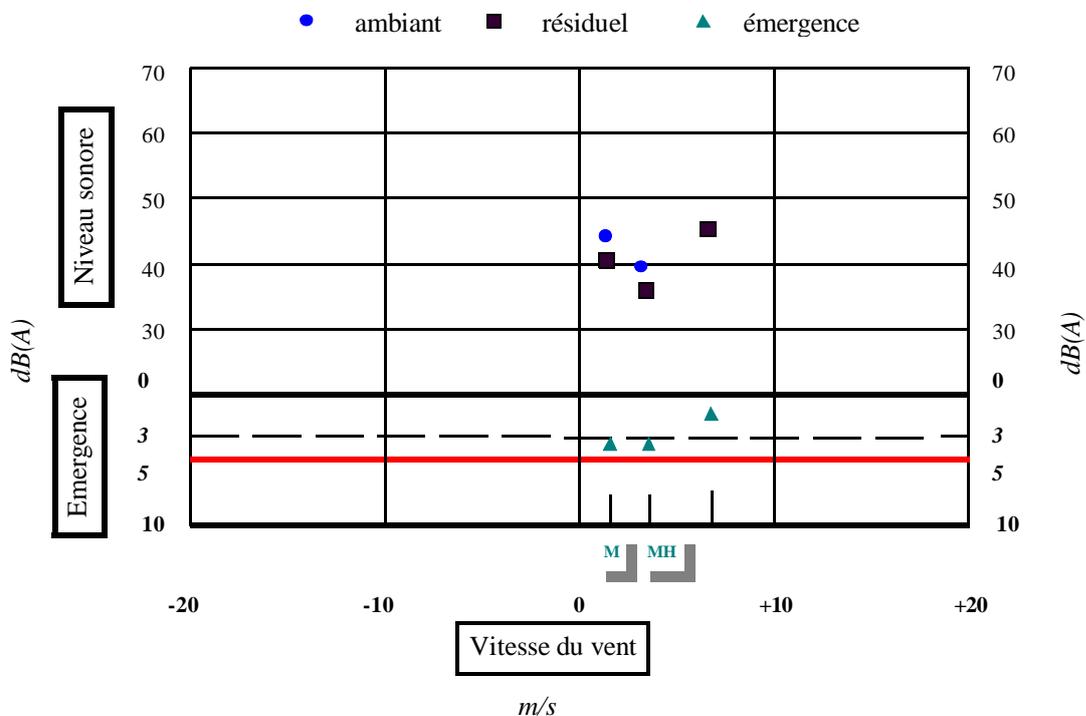


Fiche récapitulative
Mât N°5 / Point N°3

4.7 Point 5 (page 45).

Phénomènes comparables à ceux observés pour les distances inférieures. Pour des vitesses de l'ordre de 6 m/s, le fonctionnement audible n'en demeure pas moins ni « perceptif », ni gênant. Par contre, pour des vitesses inférieures (3 m/s), perceptions nettes (M,H) à la limite du gênant (émergences proches de 3 dB(A)).

01/12/2010

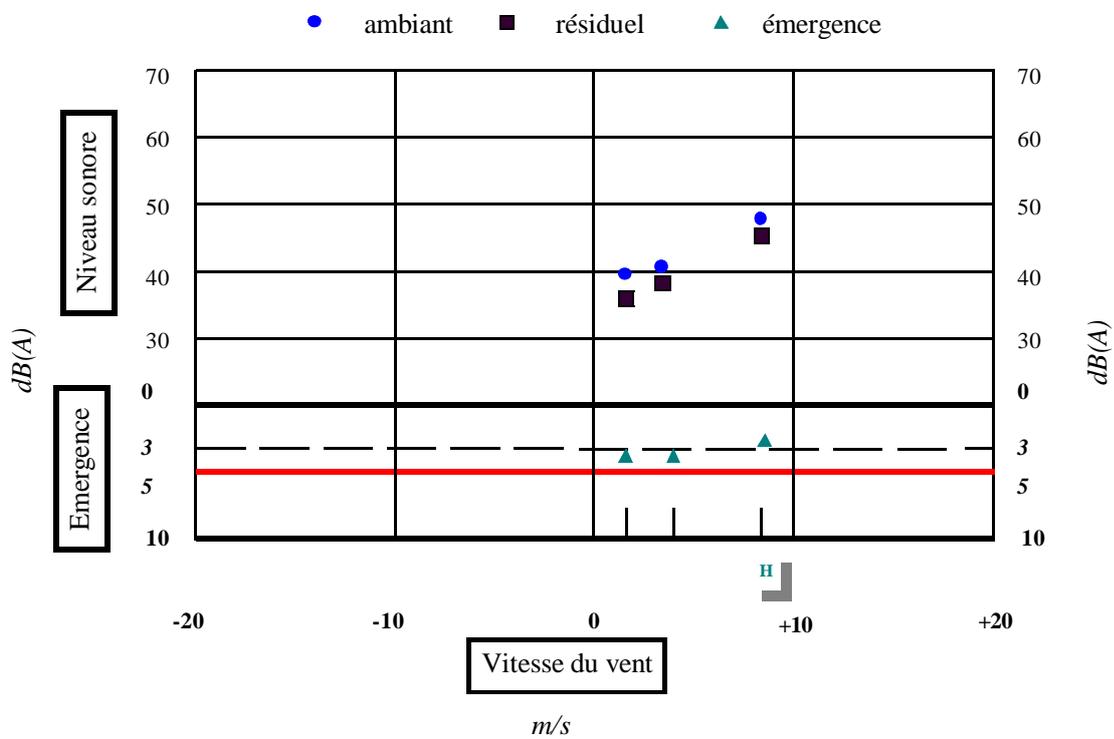


Fiche récapitulative
Mât N°5 / Point N°5

4.8 Point 7 (page 49).

Remarques identiques à celles précisées antérieurement. Cette éolienne est nettement perceptible pour des vitesses inférieures à 4 m/s.

01/12/2010



Fiche récapitulative
Mât N°5 / Point N°7

4.9 Conclusion.

Cette éolienne, Air Breeze, présente la caractéristiques d’être « perceptible » pour des vitesses de vents faibles inférieures à 4 m/s, et ceci quelles que soient les distances d’analyse. Pour des vitesses de vent supérieures, de l’ordre de 7 m/s, sont fonctionnement s’il demeure audible, n’est ni « gênant », ni « perceptible ».

La cotation obtenue est de **0C6**, la classant dans la catégorie de **Potentiel d’Insertion Sonore (P.I.S) : Moyen.**

CCC		Excellent	
9CC		Très bon	
6CC		Bon	
0CC		Moyen	0C6 Air Breeze
06C		Faible	
00C			

Voir en annexe 2 (page 53) 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:

- 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
- 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
- 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
- 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
- mesure des conditions d'environnement du site (vitesse, direction et turbulence du vent, température, pression et humidité relative)
- 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 où 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

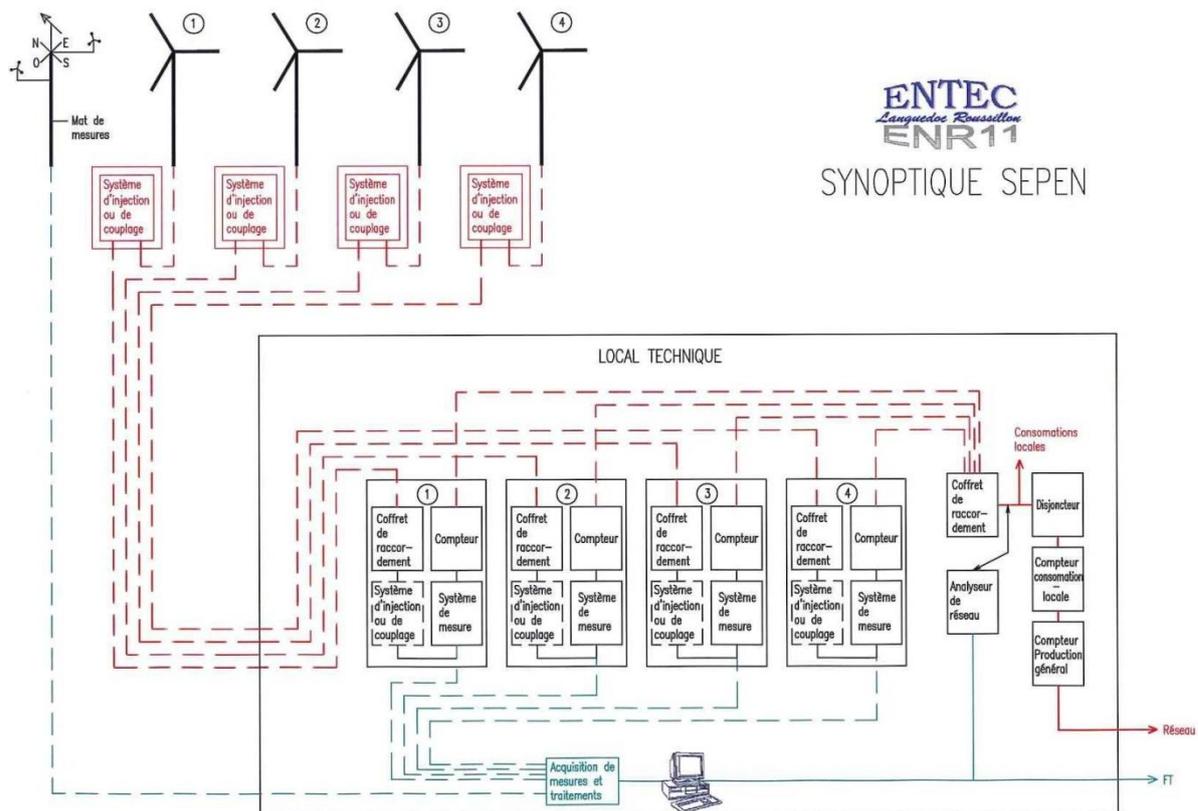
- humidité relative
- des équipements d'enregistrement
 - ordinateur avec carte d'acquisition RS485 ou entrées analogiques ou ethernet
 - enregistrement de toutes les données chaque seconde
 - traitement statistique sur 1mn (moyenne, écart type, valeurs min. et max.)
 - enregistrement journalier des 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 chaque seconde
- 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 »

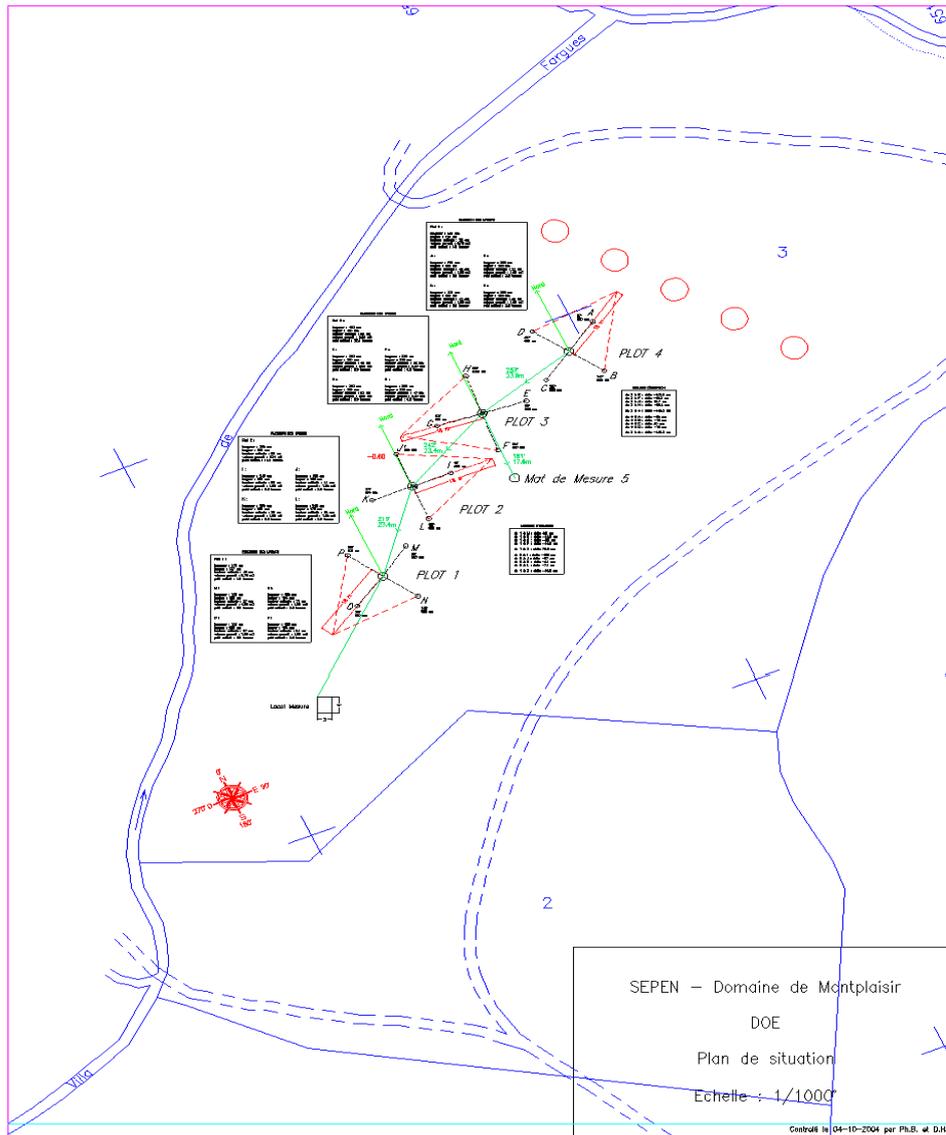
Rapports : chaque test fera l'objet d'un rapport

- 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 20m, équipé de :
 - 3 anémomètres placés à 16, 18 et 20m (NRG #40H dont 1 calibré)
 - 2 girouettes placées à 16 et 20m (NRG #200P)
 - 5 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

Décembre 2004 à Novembre 2005	Température (°C)	Humidité Relative(%)	Pression Atmosph. (mBar)
Maximum	38.8	83	1029
Moyenne (1mn)	14.9	67	1011
Minimum	-6.3	33	988

Décembre 2004 à Mars 2005	Vitesse vent à 19m (m/s)		Vitesse Vent à 15m (m/s)
Rafale instantanée	30.5	-	30.2
Moyenne Max (1mn)	24.3	-	22.9
Moyenne sur toute la période	7.1	-	6.0

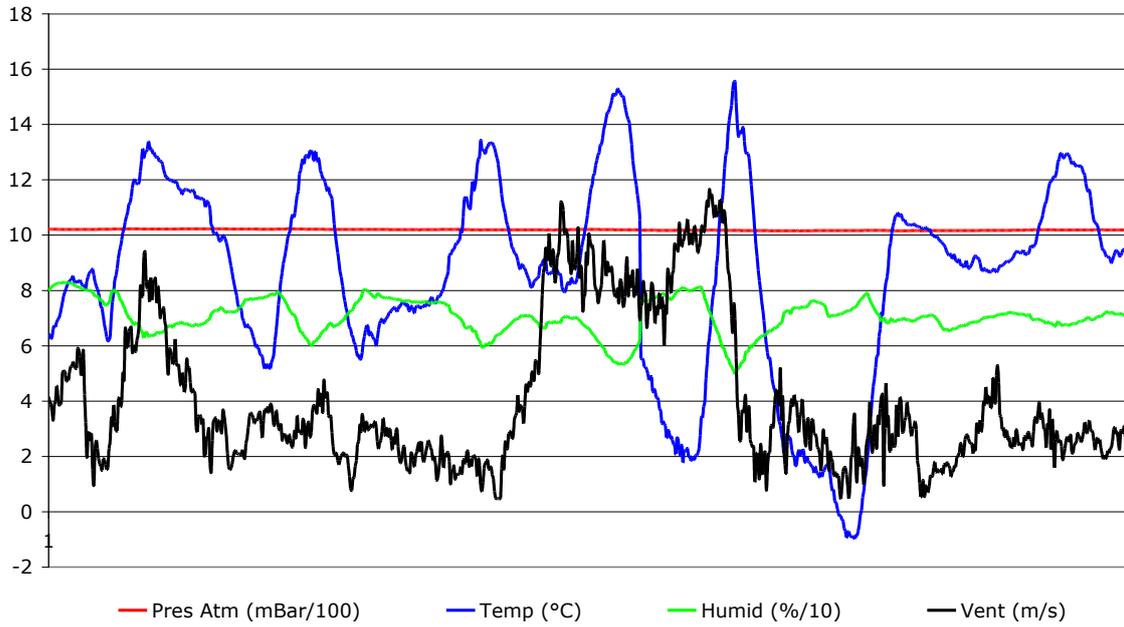
Mai 2005 à Novembre 2005	Vitesse vent à 20m (m/s)	Vitesse vent à 18m (m/s)	Vitesse Vent à 16m (m/s)
Rafale instantanée	26.4	25.9	25.4
Moyenne Max (1mn)	17.7	17.4	16.8
Moyenne sur toute la période	-	5.7	5.6

1 janvier 2008 à 30 juin 2008	Vitesse vent à 20m (m/s)	Vitesse vent à 18m (m/s)	Vitesse Vent à 16m (m/s)
Rafale instantanée	29.7	30.0	29.9
Moyenne Max (10mn)	18.9	18.5	18.0
Moyenne sur toute la période	5.64	5.50	5.44
Intensité de turbulence moyenne sur la période	18.96 %	19.12 %	19.11 %

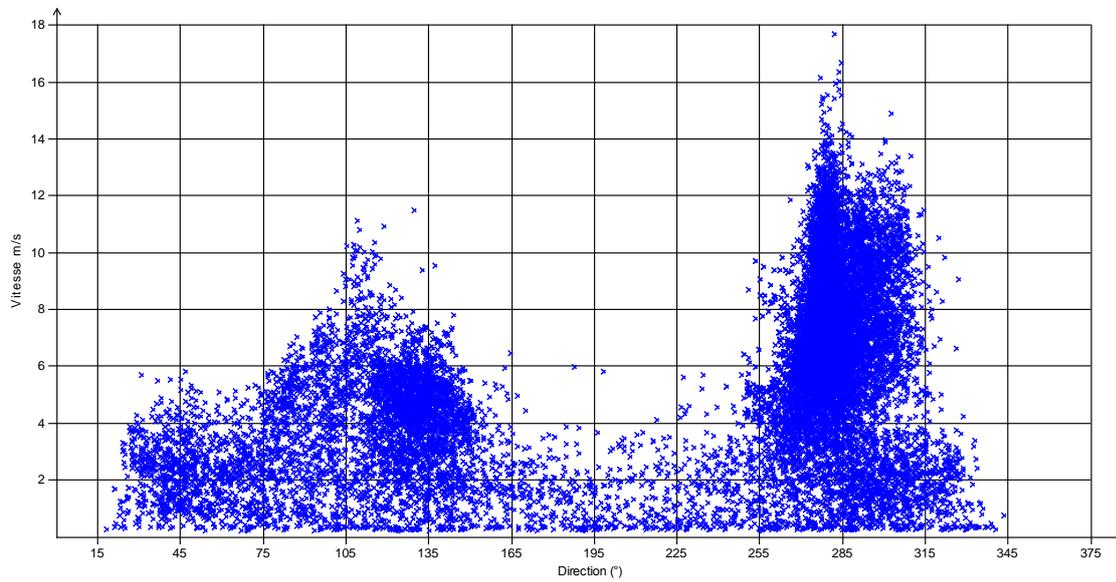
1 janvier 2009 à 31 décembre 2009	Vitesse vent à 20m (m/s)	Vitesse vent à 18m (m/s)	Vitesse Vent à 16m (m/s)
Rafale instantanée	*	39.60	39.0
Moyenne Max (10mn)	*	24.57	23.98
Moyenne sur toute la période	*	5.48	5.42
Intensité de turbulence moyenne sur la période	*	19.23 %	19.27 %

* panne anémomètre

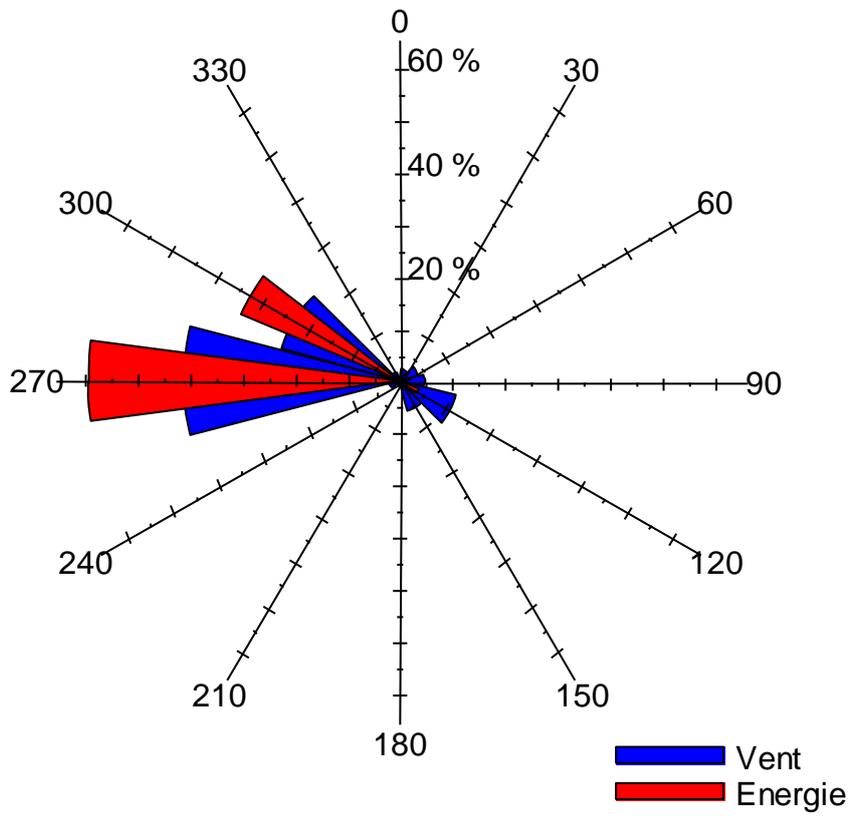
Exemple de Données Météo - Semaine du 10 au 16 Janvier 2005



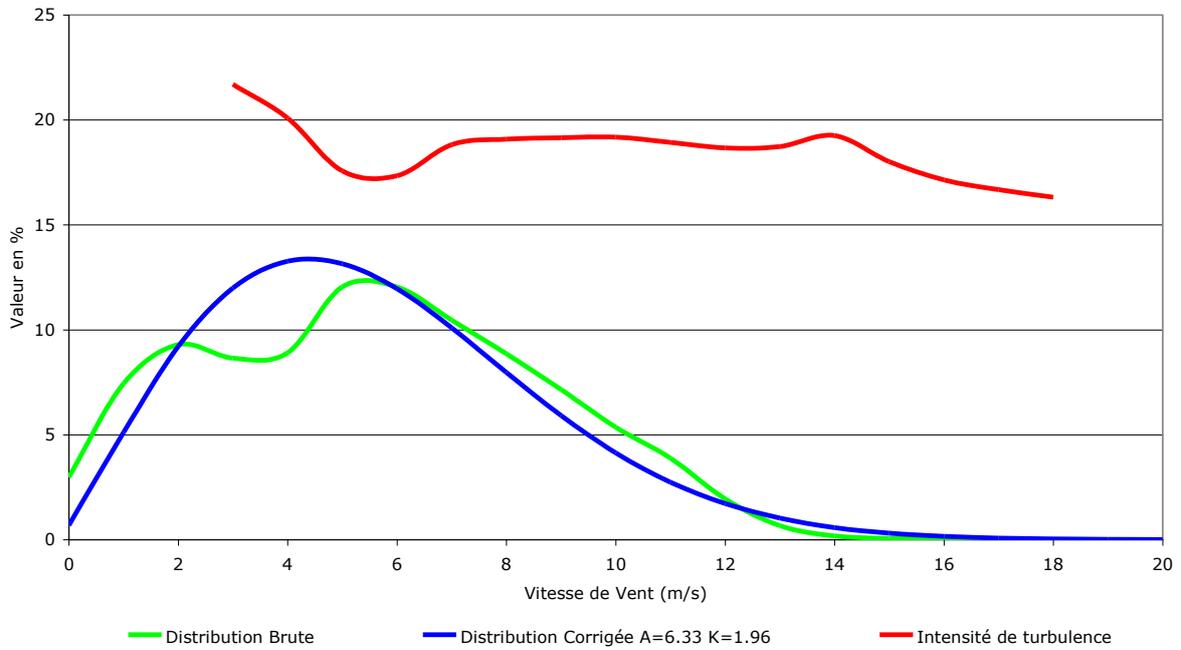
Décomposition par secteur : V1 / D1



Distribution par secteur



Distribution des Vitesses de Vent et Intensité de turbulence à 20m



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 : $\alpha = 2 \arctan (2D_n/L_n + 0.25)$

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.

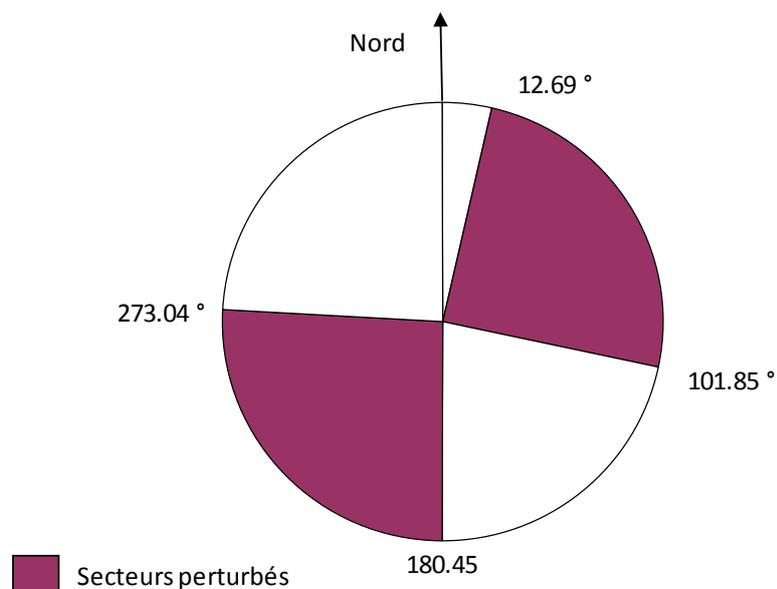
La hauteur et la largeur des obstacles autres que les machines voisines (arbres) n'ayant pas été mesurées, le calcul n'a pas été appliqué pour ces cas d'obstacles. Cependant, les secteurs perturbés finaux retenus sont assez fortement pénalisants, puisqu'ils englobent en fait la totalité des secteurs 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
1	Plot 2	2.9 m	23.4 m	52.6°	12.7°	65.3°
1	arbres	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
2	Plot 1	6.4 m	23.4 m	77.1°	180.5°	257.6°
2	Plot 3	1.4 m	23.4 m	40.3°	41.8°	82.2°
3	Plot 2	2.9 m	23.4 m	52.6°	215.7°	268.3°
3	Plot 4	3.6 m	23.9 m	57.7 °	44.1°	101.9°
4	Plot 3	1.4 m	23.9 m	40.1°	233°	273°
4	arbres	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé

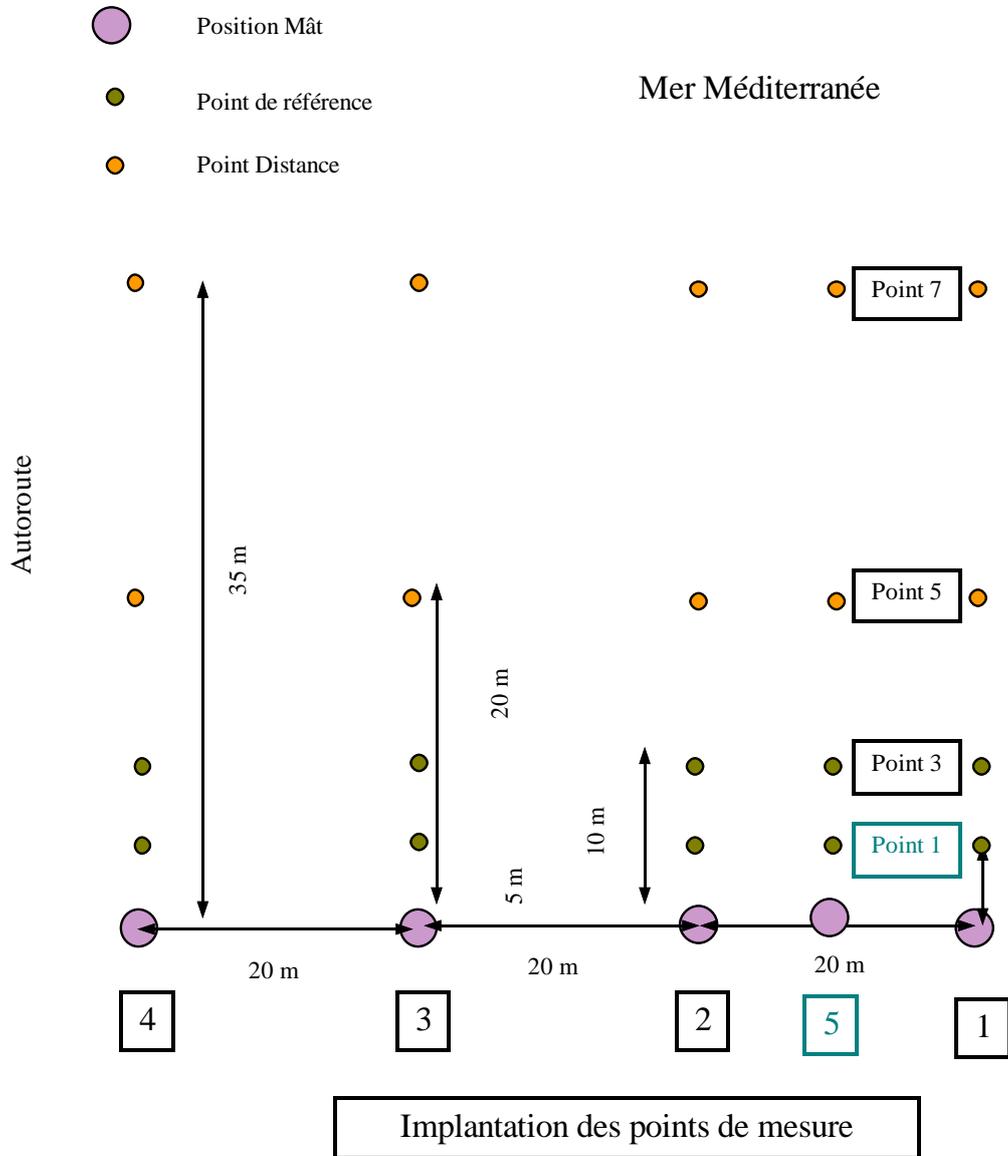
Tableau récapitulatif des caractéristiques des obstacles pour le calcul des secteurs perturbés.



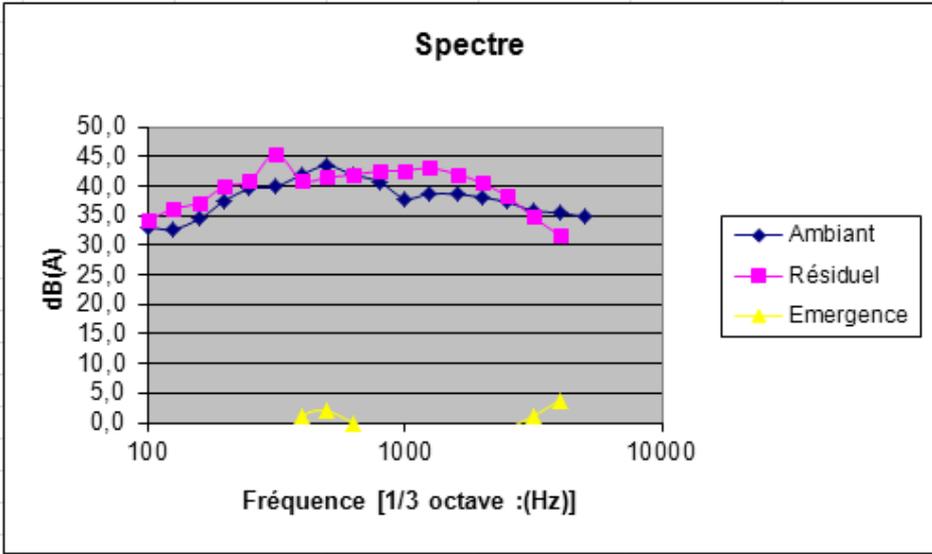
6 Annexe 1

**Caractérisation du rayonnement
de l'Eolienne Air Breeze**

6.1 Point N°1



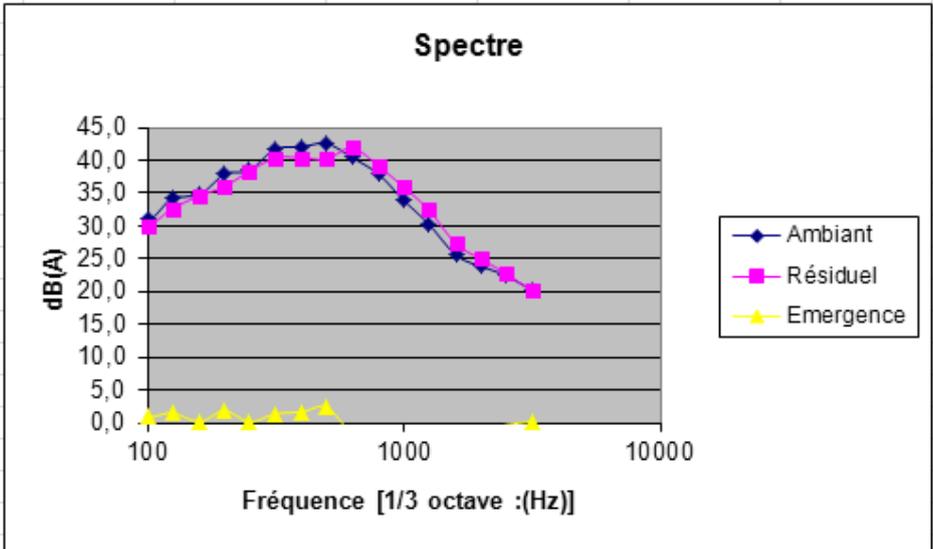
Date :	01/12/2010	Campagne	1
--------	------------	----------	---



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	33,1	34,1	-1,0
125	32,7	36,1	-3,4
160	34,5	37,2	-2,7
200	37,5	40,0	-2,5
250	39,5	40,8	-1,3
315	39,9	45,5	-5,6
400	41,9	40,9	1,0
500	43,4	41,5	1,9
630	41,9	41,9	0,0
800	40,7	42,5	-1,8
1000	37,9	42,6	-4,7
1250	38,7	43,0	-4,3
1600	38,6	42,0	-3,4
2000	38,1	40,5	-2,4
2500	37,3	38,3	-1,0
3150	35,9	34,8	1,1
4000	35,5	31,7	3,8
5000	34,8	0,0	0,0
Global	51,6	52,5	-1,0

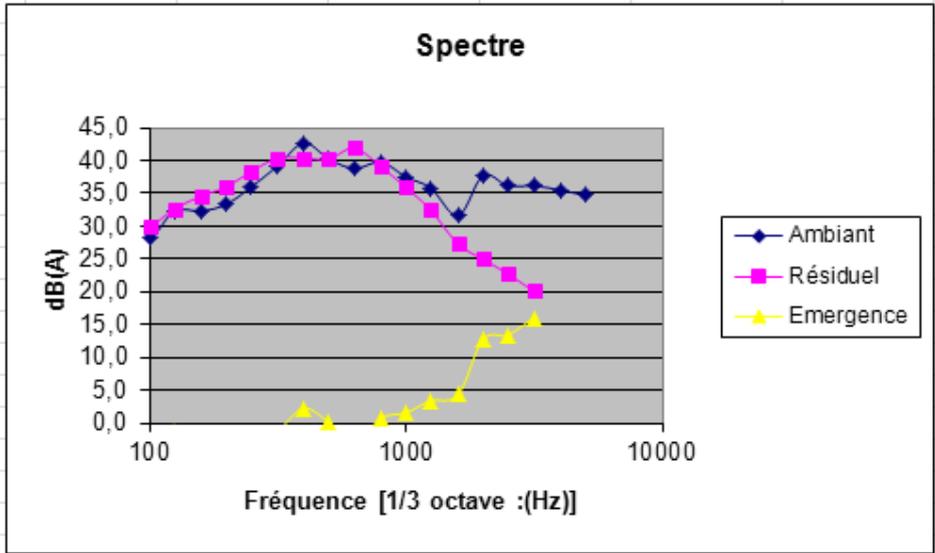
Vent m/s	6,1	7,3
----------	-----	-----

Date : 02/12/2010 Campagne 2



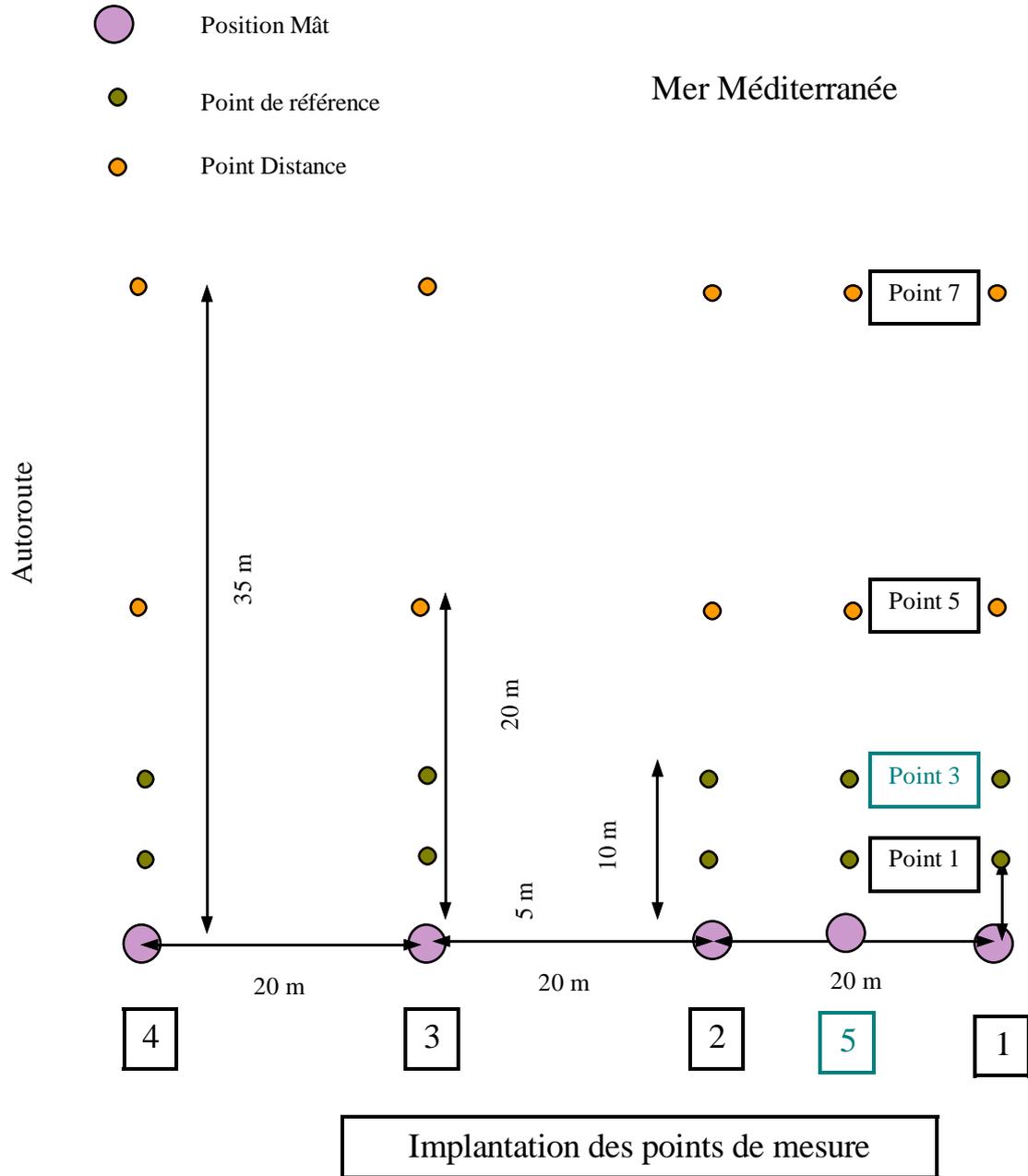
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	31,1	30,0	1,1
125	34,2	32,7	1,5
160	34,8	34,6	0,2
200	37,9	36,0	1,9
250	38,5	38,3	0,1
315	41,7	40,3	1,4
400	42,1	40,4	1,7
500	42,6	40,2	2,4
630	40,4	41,9	-1,5
800	37,8	39,0	-1,2
1000	33,9	35,9	-2,1
1250	30,3	32,4	-2,1
1600	25,5	27,3	-1,7
2000	23,9	25,0	-1,1
2500	22,4	22,7	-0,3
3150	20,3	20,1	0,1
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	49,8	49,1	0,7
Vent m/s	4	4,3	

Date : 02/12/2010 Campagne 3

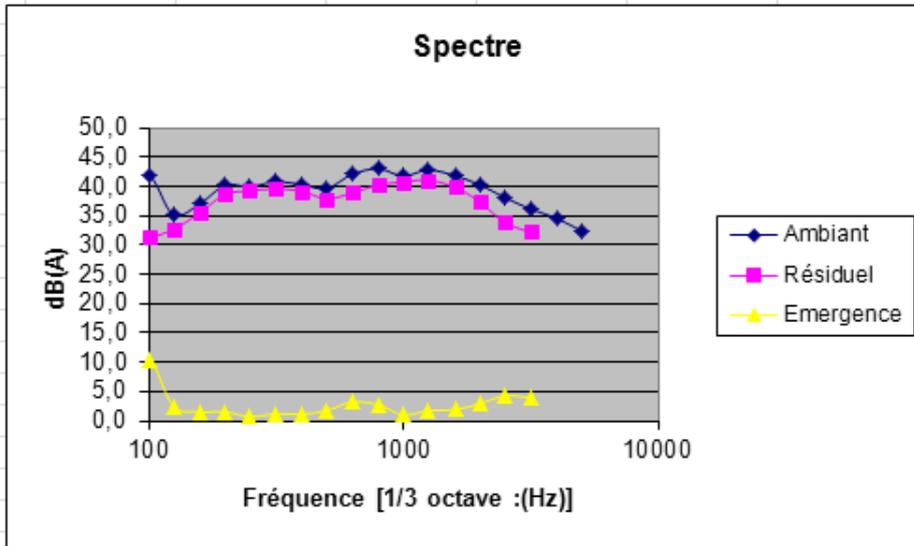


1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	28,2	30,0	-1,8
125	32,3	32,7	-0,3
160	32,3	34,6	-2,3
200	33,4	36,0	-2,7
250	36,0	38,3	-2,3
315	39,1	40,3	-1,2
400	42,7	40,4	2,3
500	40,3	40,2	0,1
630	38,8	41,9	-3,2
800	39,8	39,0	0,8
1000	37,5	35,9	1,6
1250	35,8	32,4	3,4
1600	31,6	27,3	4,3
2000	37,7	25,0	12,7
2500	36,2	22,7	13,4
3150	36,1	20,1	16,0
4000	35,5	0,0	0,0
5000	34,7	0,0	0,0
Global	50,0	49,1	0,9
Vent m/s	3,3	4,3	

6.2 Point N°3

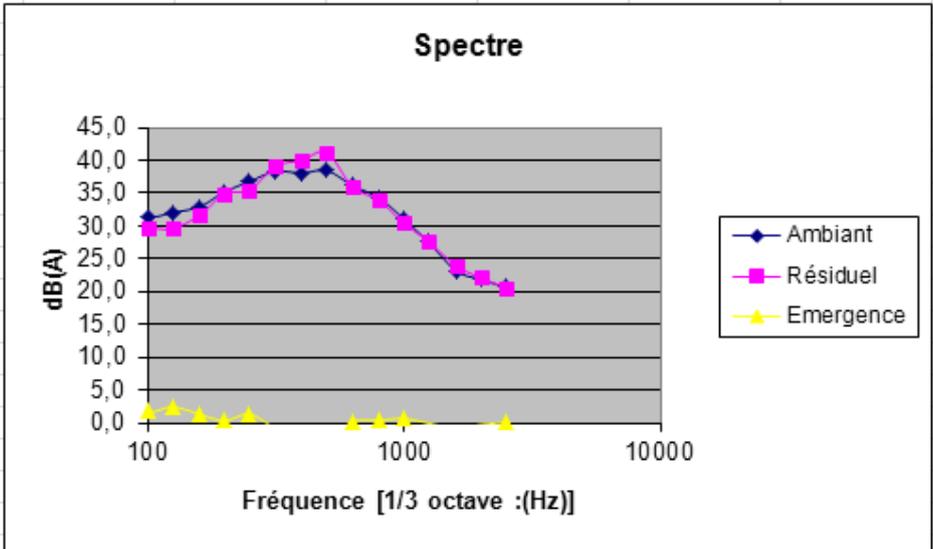


Date : 01/12/2010 Campagne 1



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	41,8	31,5	10,3
125	35,2	32,7	2,5
160	37,1	35,6	1,6
200	40,2	38,7	1,5
250	39,9	39,2	0,7
315	40,8	39,6	1,2
400	40,3	39,2	1,2
500	39,6	37,9	1,8
630	42,1	38,9	3,2
800	43,0	40,3	2,8
1000	41,8	40,8	1,0
1250	42,8	41,1	1,7
1600	41,8	39,9	2,0
2000	40,3	37,3	2,9
2500	38,1	33,8	4,3
3150	36,2	32,2	4,0
4000	34,6	0,0	0,0
5000	32,4	0,0	0,0
Global	52,8	50,5	2,3
Vent m/s	7,9	9	

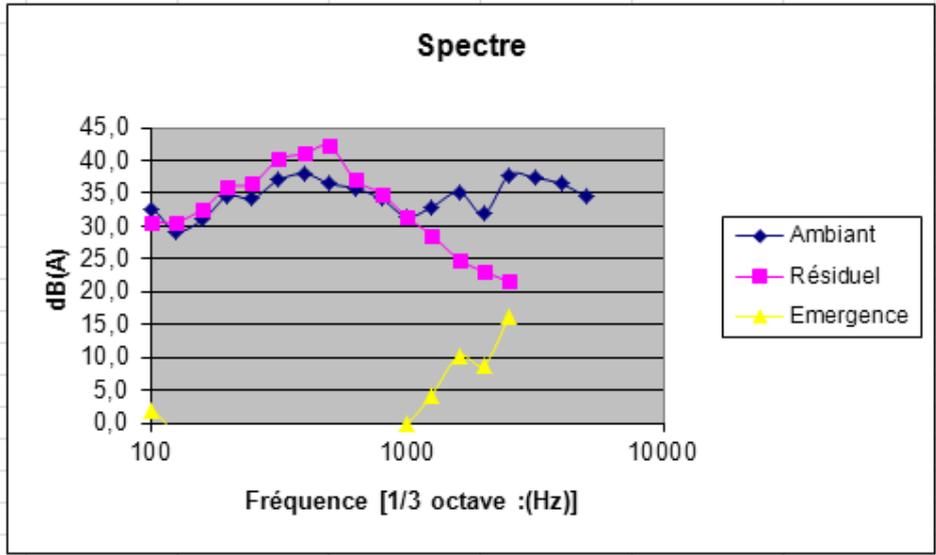
Date : 02/12/2010 Campagne 2



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	31,4	29,6	1,8
125	32,0	29,6	2,4
160	32,9	31,6	1,3
200	35,2	34,9	0,3
250	36,8	35,4	1,4
315	38,3	39,1	-0,8
400	38,1	40,0	-1,9
500	38,4	41,2	-2,8
630	36,2	36,0	0,2
800	34,3	33,9	0,4
1000	31,1	30,4	0,7
1250	27,5	27,6	-0,1
1600	23,1	23,9	-0,8
2000	21,9	22,1	-0,3
2500	20,7	20,6	0,0
3150	0,0	0,0	0,0
4000	0,0	0,0	0,0
5000	0,0	0,0	0,0
Global	46,7	47,1	-0,4

Vent m/s	2,3	2,5
----------	-----	-----

Date : 02/12/2010 Campagne 3

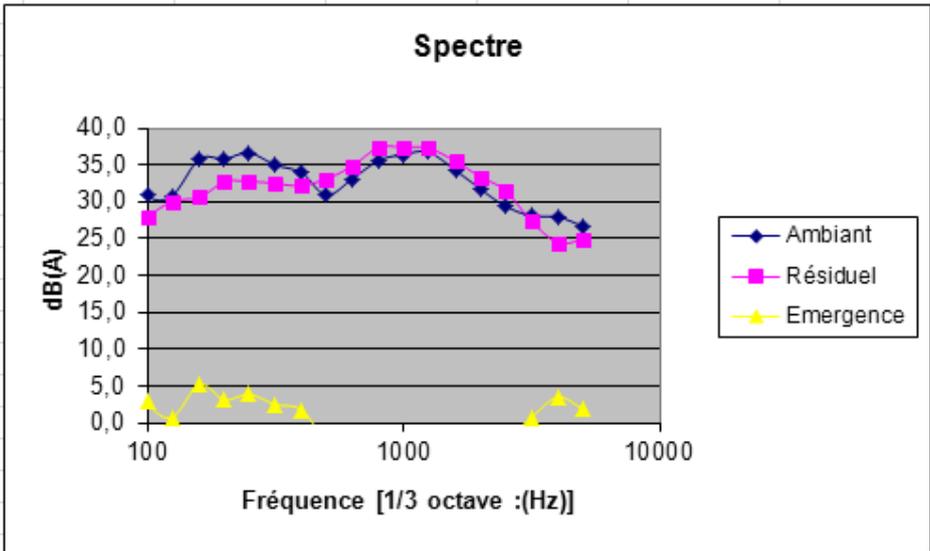


1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	32,4	30,6	1,9
125	29,2	30,6	-1,4
160	31,0	32,6	-1,6
200	34,6	35,9	-1,3
250	34,2	36,4	-2,3
315	37,0	40,1	-3,1
400	38,0	41,0	-3,1
500	36,5	42,2	-5,7
630	35,7	37,0	-1,3
800	34,1	34,9	-0,8
1000	31,4	31,4	0,0
1250	32,9	28,6	4,3
1600	35,2	24,9	10,3
2000	31,9	23,1	8,8
2500	37,8	21,6	16,2
3150	37,4	0,0	0,0
4000	36,5	0,0	0,0
5000	34,4	0,0	0,0
Global	47,7	48,1	-0,4
Vent m/s	4,2	4,5	

6.3 Point N°5

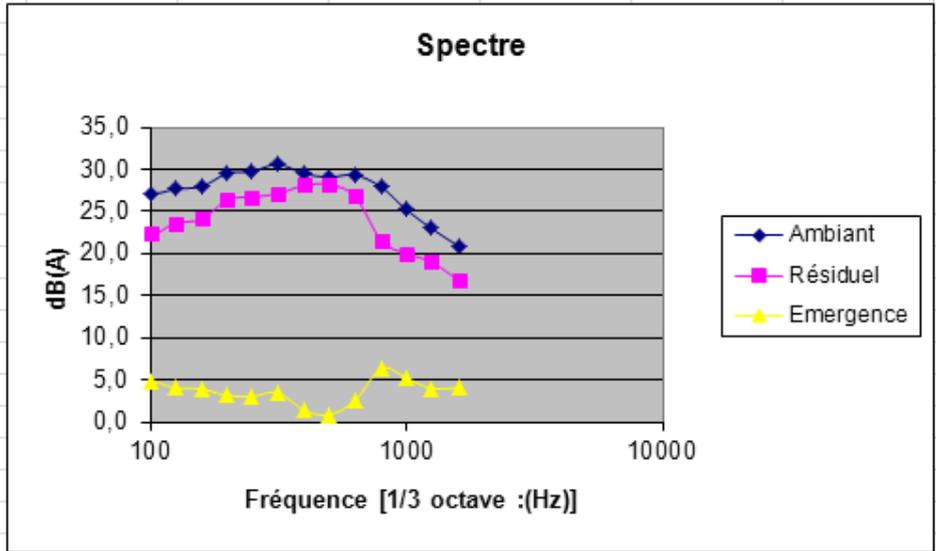


Date : 01/12/2010 Campagne 1



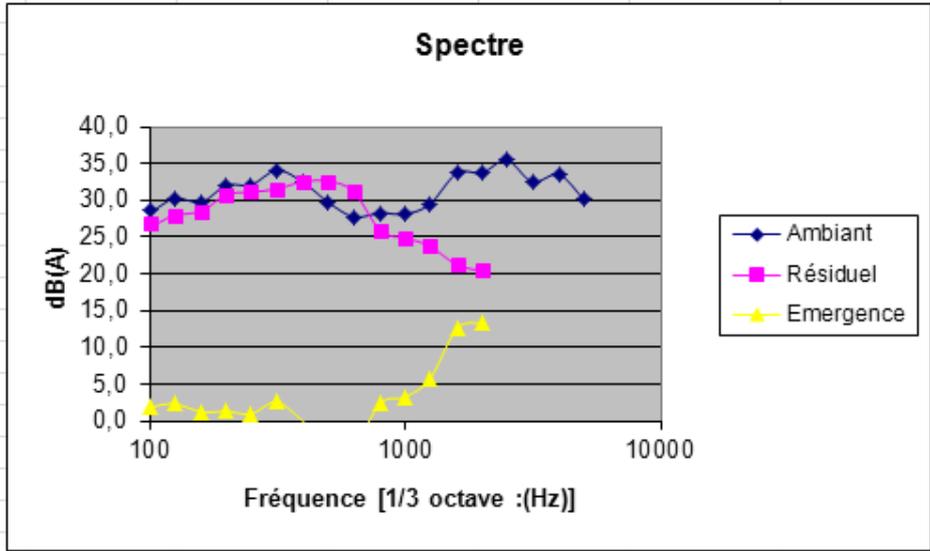
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	30,9	28,0	2,9
125	30,8	30,1	0,8
160	35,8	30,6	5,2
200	35,8	32,7	3,1
250	36,7	32,8	3,9
315	35,0	32,5	2,5
400	34,0	32,2	1,8
500	30,9	33,1	-2,2
630	33,1	34,8	-1,8
800	35,6	37,4	-1,8
1000	36,4	37,4	-1,0
1250	36,8	37,3	-0,5
1600	34,3	35,5	-1,3
2000	31,7	33,3	-1,6
2500	29,4	31,6	-2,2
3150	28,1	27,4	0,7
4000	28,0	24,5	3,5
5000	26,7	24,8	1,9
Global	46,9	46,1	0,8
Vent m/s	6,9	6,4	

Date : 02/12/2010 Campagne 2



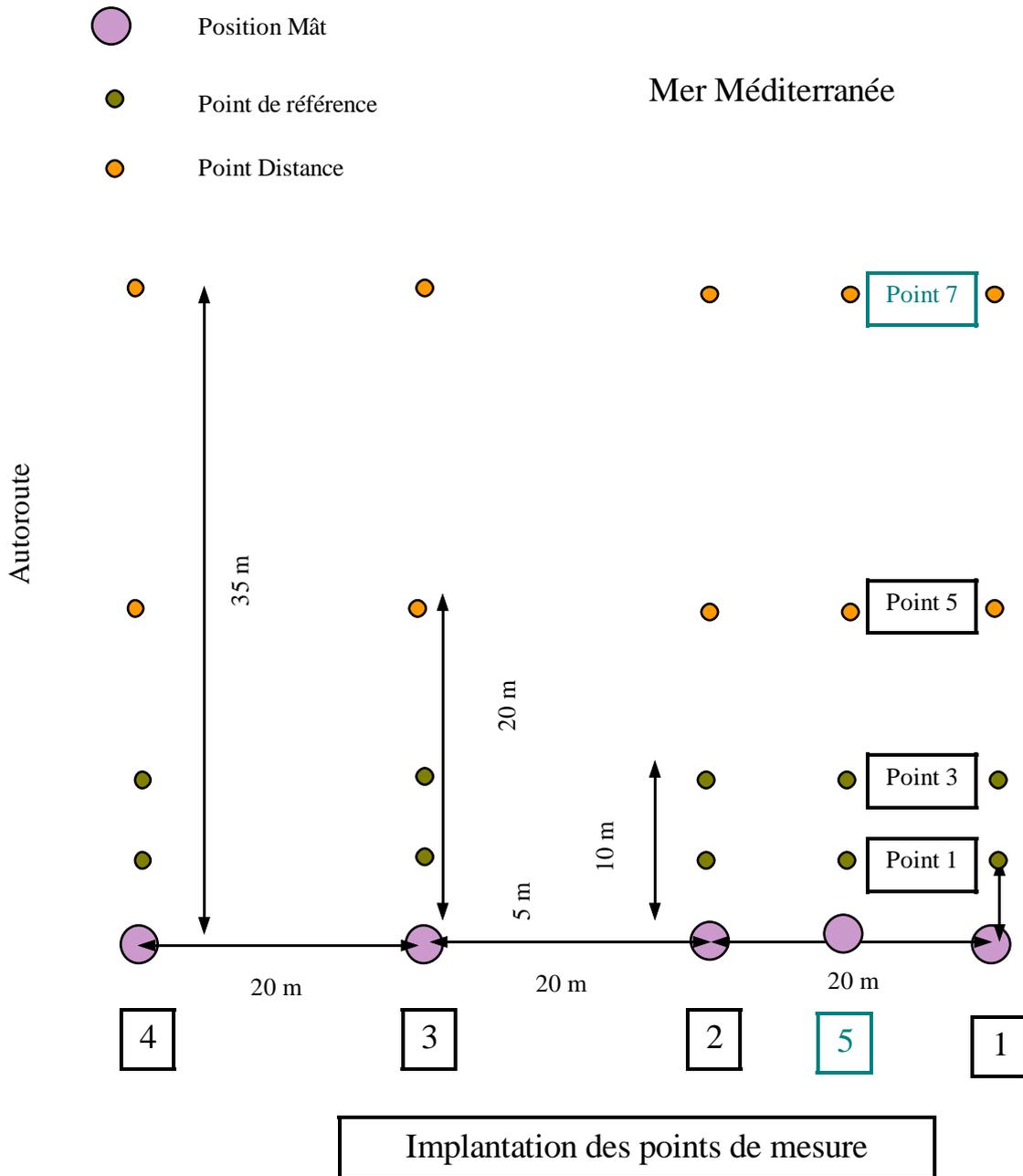
1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	27,1	22,4	4,7
125	27,7	23,6	4,1
160	28,0	24,1	3,9
200	29,5	26,4	3,1
250	29,8	26,7	3,1
315	30,6	27,1	3,5
400	29,5	28,1	1,4
500	29,1	28,2	0,9
630	29,3	26,8	2,5
800	27,9	21,5	6,4
1000	25,2	20,0	5,2
1250	23,0	19,0	4,0
1600	20,9	16,8	4,1
2000	0,0	0,0	0,0
2500	0,0	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	40,2	37,0	3,2
Vent m/s	1,6	1,8	

Date : 02/12/2010 Campagne 3

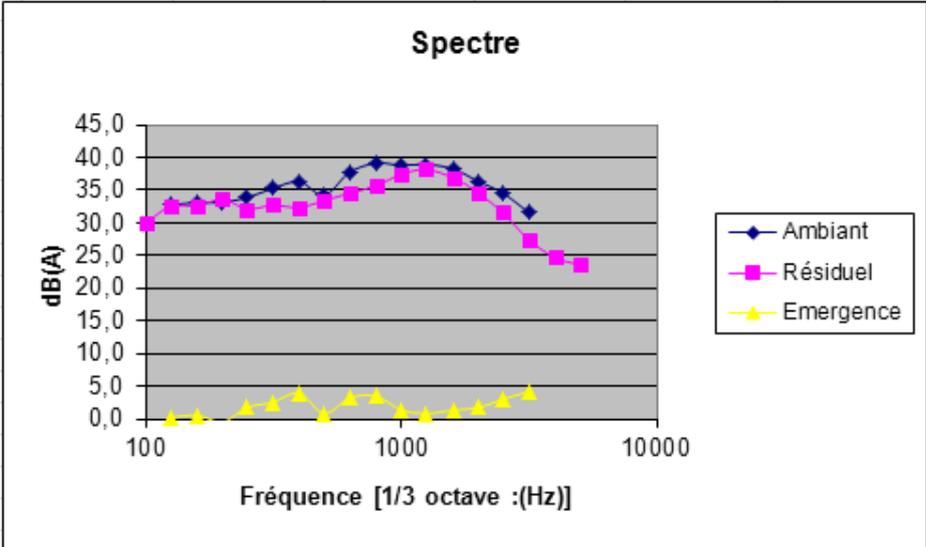


1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	28,6	26,8	1,8
125	30,3	28,0	2,3
160	29,8	28,5	1,2
200	32,1	30,8	1,3
250	32,1	31,1	1,0
315	34,1	31,5	2,6
400	32,4	32,5	-0,1
500	29,7	32,6	-2,9
630	27,7	31,2	-3,4
800	28,3	25,9	2,4
1000	28,1	24,9	3,3
1250	29,5	23,8	5,7
1600	33,7	21,2	12,6
2000	33,7	20,5	13,3
2500	35,5	0,0	0,0
3150	32,5	0,0	0,0
4000	33,5	0,0	0,0
5000	30,1	0,0	0,0
Global	44,8	41,4	3,3
Vent m/s	3,1	4,4	

6.4 Point N°7

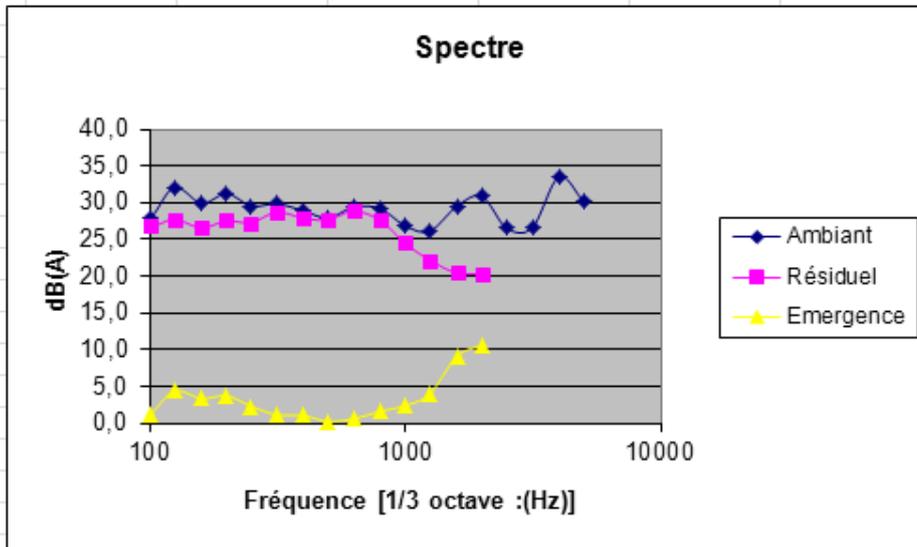


Date : 01/12/2010 Campagne 1



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	0,0	30,0	0,0
125	32,8	32,5	0,2
160	33,1	32,6	0,5
200	33,1	33,7	-0,5
250	33,9	32,1	1,8
315	35,3	32,7	2,6
400	36,3	32,4	4,0
500	34,2	33,4	0,8
630	37,7	34,5	3,2
800	39,1	35,7	3,5
1000	38,8	37,4	1,4
1250	38,9	38,1	0,8
1600	38,3	36,9	1,4
2000	36,3	34,6	1,7
2500	34,6	31,6	3,0
3150	31,6	27,5	4,1
4000	0,0	24,7	0,0
5000	0,0	23,6	0,0
Global	48,3	46,5	1,8
Vent m/s	7,6	8,8	

Date : 02/12/2010 Campagne 3



1/3 Octave	Ambiant	Résiduel	Emergence
100	27,9	26,9	1,0
125	32,1	27,7	4,4
160	29,9	26,6	3,3
200	31,3	27,5	3,7
250	29,6	27,3	2,3
315	29,8	28,7	1,1
400	28,9	27,9	1,0
500	27,9	27,7	0,2
630	29,4	28,8	0,6
800	29,2	27,6	1,6
1000	26,9	24,5	2,4
1250	26,1	22,2	4,0
1600	29,6	20,4	9,2
2000	30,9	20,4	10,5
2500	26,5	0,0	0,0
3150	26,6	0,0	0,0
4000	33,5	0,0	0,0
5000	30,1	0,0	0,0
Global	42,2	39,2	3,0
Vent m/s	4,2	3,9	

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. 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^o symbole, les perceptions ne sont pas alors prises en compte concernant cette configuration, le 3^o 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** ».

