

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE 5. BRUIT.....	3
5.1. INTRODUCTION	3
5.2. METHODOLOGIE.....	3
5.3. NOTIONS DE BASE D'ACOUSTIQUE	4
5.4. SENSIBILITÉ DE L'ÊTRE HUMAIN AU BRUIT	4
5.5. CADRE REGLEMENTAIRE	5
5.5.1. Définitions et valeurs limites de l'AGW du 4 juillet 2002.....	5
5.5.2. Valeurs limites préconisées dans le Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne	8
5.6. DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE.....	9
5.7. EVALUATION DES INCIDENCES – EXPLOITATION.....	10
5.7.1. Puissance acoustique des éoliennes envisagées.....	10
5.7.2. Modélisation du niveau d'évaluation du bruit particulier.....	13
5.7.3. Résultats pour les niveaux de bruit à l'immission.....	15
5.7.4. Comparaison aux normes et conclusions pour les récepteurs.....	17
5.7.5. Incidences de la cabine de tête et du raccordement.....	18
5.8. EVALUATION DES INCIDENCES – CHANTIER ET FIN DE VIE.....	18
5.8.1. Chantier de raccordement.....	18
5.8.2. Chantier de construction et de démontage.....	18
5.9. ALTERNATIVE.....	19
5.10. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS.....	19
5.11. RECOMMANDATIONS.....	19

Liste des cartes propres à ce chapitre

Carte 5.1 – Niveaux sonores pour V90, 3 MW, mode 0, vent de 8 m/s

Carte 5.2 – Niveaux sonores pour V90, 3 MW, mode 0, vent de 5 m/s

Liste des autres cartes consultées

Carte 2.4 – Localisation générale du projet

Carte 2.6 – Localisation par rapport au plan de secteur

Liste des figures

Figure 5-1 Courbe normative WNC-40 issue de la législation néerlandaise..... 8

Figure 5-2 Evolution des puissances acoustiques en fonction de la vitesse de vent pour les différentes éoliennes envisagées..... 12

Liste des tableaux

Tableau 5-1 Echelle de bruit..... 5

Tableau 5-2 Valeurs limites de niveaux de bruit applicables aux nouveaux établissements classés en Région wallonne 7

Tableau 5-3 Maisons isolées dans un rayon de 1 km autour du projet..... 10

Tableau 5-4 Types d'éoliennes envisagés par le Demandeur 10

Tableau 5-5 Niveau de puissance acoustique des différentes éoliennes envisagées par le Demandeur..... 11

Tableau 5-6 Spectres de bruit par bande d'octave pour l'éolienne V90 3.0MW Mode 0 à 8 m/s et à 5 m/s ... 14

Tableau 5-7 Niveau sonore total calculé aux récepteurs les plus proches (maisons isolées) - cas Vestas V90 3.0MW Mode 0 à 8 m/s..... 16

Tableau 5-8 Niveau sonore total calculé aux récepteurs les plus proches (maisons isolées) - cas Vestas V90 3.0MW Mode 0 à 5 m/s..... 16

CHAPITRE 5.

BRUIT

5.1. INTRODUCTION

L'acoustique est, avec le paysage, sans doute l'un des domaines les plus étudiés dans le cadre d'un projet éolien. Le confort et la santé des habitants au voisinage des éoliennes sont en effet directement concernés. L'aspect principal qu'il faut analyser est le niveau de bruit qui est engendré par le fonctionnement des éoliennes elles-mêmes.

5.2. METHODOLOGIE

Les niveaux de bruit engendrés dans l'environnement par le fonctionnement des 7 éoliennes sont calculés selon la norme internationale ISO 9613 via un calcul informatisé. Ils sont ensuite comparés aux valeurs limites et Cadre de référence (critères) applicable en Région wallonne. Il s'agit des valeurs définies dans la législation en matière de permis d'environnement et le "Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne" approuvé par le gouvernement wallon.

Le chargé d'étude n'a pas jugé nécessaire d'effectuer des mesures de bruit ambiant dans la future zone d'implantation des éoliennes car l'ambiance sonore du site éolien s'apparente à une ambiance de type "forestier" et "agricole" et aucune source sonore "non naturelle" significative et régulière n'est présente à moins d'un kilomètre des éoliennes.

Les incidences du projet en matière de bruit sont évaluées dans un rayon d'environ 2 km autour des 7 éoliennes afin de couvrir une zone suffisamment large pour l'évaluation des nuisances acoustiques potentielles.

Les résultats des modélisations du bruit sont présentés sous forme de cartes de bruit et de calculs ponctuels au niveau de certains récepteurs (habitations), ce qui permet d'identifier un éventuel dépassement des normes en vigueur.

La comparaison des niveaux sonores calculés aux normes de bruit applicables en Région wallonne et à l'ambiance sonore existante permet d'évaluer les incidences du projet sur le cadre de vie des riverains.

Si nécessaire, des recommandations sont fournies pour réduire les incidences acoustiques du projet à un niveau adéquat.

5.3. NOTIONS DE BASE D'ACOUSTIQUE

Un son est une onde de pression se propageant dans un milieu tel que l'air. Les deux caractéristiques principales qui définissent une onde sont l'amplitude vibratoire et la fréquence de vibration.

L'amplitude vibratoire détermine les modifications de pression générées par la transmission d'un bruit. Celle-ci peut varier de $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (seuil d'audibilité) à 10^2 Pa (seuil de douleur). L'amplitude du son représente la variation maximale de la vibration de l'air. Au plus le son est puissant, au plus l'amplitude de la variation de la vibration de l'air est importante. La plage de variation étant très étendue, une échelle logarithmique est utilisée. Le niveau de pression acoustique (ou niveau de bruit) s'exprime en décibels (dB) et se définit comme suit:

$$L_p = 20 \text{Log} \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad (\text{dB})$$

Avec:

L_p = niveau acoustique

p = Pression acoustique exprimée en Pascal

p_0 = Pression acoustique de référence ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa)

La fréquence de vibration est liée à la vitesse d'oscillation des particules du milieu de propagation et elle s'exprime en Hertz (Hz), soit en nombre d'oscillations par seconde. Un grand nombre de vibrations est produit par un son de haute fréquence et un faible nombre de vibrations est produit par un son de basse fréquence.

En raison de cette échelle logarithmique, la composition de 2 sons de même niveau acoustique produit une augmentation de 3 dB. Par ailleurs, la composition de 2 sons avec une différence de 10 dB rend l'influence du son le plus bas négligeable par rapport à celui le plus élevé; le niveau total est donc équivalent au niveau le plus haut.

Un bruit est composé d'une multitude de sons de fréquences ($=1/\text{longueur d'onde}$) différentes. Chaque bruit peut donc être caractérisé par un spectre décrivant les niveaux sonores à chaque fréquence.

L'oreille humaine est sensible aux sons dans la gamme de fréquences de 20 à 20 000 Hz mais pas de la même façon à toutes les fréquences. Pour prendre en compte le niveau réellement perçu par l'oreille, on utilise habituellement un décibel "physiologique" appelé décibel A (noté "dB(A)"), où l'importance des différentes fréquences qui composent le bruit est pondérée en fonction des valeurs par la "courbe A". Aux basses fréquences (entre 20 et 100 Hz), le niveau de pression acoustique doit être plus élevé pour produire la même sensation qu'un son de fréquence moyenne.

5.4. SENSIBILITÉ DE L'ÊTRE HUMAIN AU BRUIT

L'oreille humaine perçoit les niveaux sonores à partir de 0 décibels. Le seuil de douleur se situe à 120 décibels. Le seuil de nocivité se situe vers 85 dB pendant 8 heures.

Les effets du bruit sur la santé sont de 2 ordres: effets physiques sur l'ouïe et effets non-auditifs. Les effets physiques résultent en une perte d'audition due à la destruction des cellules ciliées de l'organe

de Corti mais sont généralement négligeables pour des niveaux inférieurs à 75 dB(A) LA_{eq} pendant 8h (niveau sonore équivalent pour une durée donnée). Quant aux effets non-auditifs, ils se traduisent par des troubles du sommeil, du stress, des difficultés de concentration, ou encore une gêne empêchant un individu de réaliser ses activités quotidiennes dans des conditions de confort minimales.

L'échelle indicative de bruit est donnée au tableau suivant.

dB	Description des sources types	Sensibilité humaine
20 dB	Conversation à voix basse	Calme
60 dB	Conversation normale	Bruits courants
65 dB	Salle de classe	Bruyant
70 dB	Téléviseur, rue à gros trafic	
75 dB	Voiture, aspirateur	Pénible, nocif
85 dB	Cantine scolaire	
90 dB	Aboiement d'un chien, appareil de bricolage (scie circulaire)	Difficilement supportable, dangereux
100 dB	Chaîne hi-fi, Baladeur (niveau maximum)	
110 dB	Concert	
120 dB	Voiture de course	Seuil de la douleur
140 dB	Avion au décollage	

Tableau 5-1 Echelle de bruit

Source : www.paris.fr/portail/Environnement/

Remarque pour l'aspect cyclique du bruit:

Le bruit des éoliennes est cyclique au pied des éoliennes, ce qui peut engendrer une gêne pour l'être humain. Mais le bruit devient continu à partir d'environ 350 m. L'étude n'évalue donc pas l'impact sur la santé d'un bruit "cyclique" puisque toutes les habitations sont à une distance plus éloignée (sauf la maison du Demandeur lui-même mais qui n'est pas considérée dans l'étude étant donné qu'il a renoncé à ses droits de citoyen pour l'aspect paysage et acoustique – voir annexe 4.2).

5.5. CADRE REGLEMENTAIRE

5.5.1. Définitions et valeurs limites de l'AGW du 4 juillet 2002

Dans le cadre du présent dossier, la réglementation en vigueur est l'Arrêté du Gouvernement wallon (daté du 4 juillet 2002) fixant les conditions générales d'exploitation des établissements visés par le décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement (publication au Moniteur belge du 01.10.2002). Cet arrêté définit les niveaux sonores limites produits par les établissements classés à ne pas dépasser aux endroits d'immission.

Dans le chapitre VII de l'Arrêté, la **définition** des termes suivants est donnée :

- *Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A* : Niveau de pression acoustique pondéré A du bruit continu stable qui, au cours d'une période spécifiée T,

aurait la même pression quadratique moyenne que le bruit fluctuant. Il s'exprime en dB(A);

- *Bruit ambiant* : bruit résultant de l'action de toutes les sources de bruit dans un endroit donné à un moment donné;
- *Bruit particulier* : composante du bruit ambiant qui peut être attribuée à une source particulière;
- *Niveau d'évaluation du bruit particulier (L_{Ar,T})* : niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A du bruit particulier de l'établissement, corrigé de deux termes (C_t et C_i) représentatifs d'éventuels bruits à caractère tonal ou bruits impulsifs. $L_{Ar,T} = L_{Aeq,part,T} + C_{tonal} + C_{impulsif}$.

L'Arrêté définit un *bruit à caractère tonal* comme un bruit qui comporte une émergence tonale importante. Sa détection s'effectue par une analyse en bandes de tiers d'octave. Le terme correctif intervenant dans le calcul du niveau d'évaluation du bruit particulier est fonction de la différence entre le niveau de la bande émergente et la moyenne arithmétique des niveaux des bandes voisines.

En fonction de l'émergence tonale en dB présente dans le bruit particulier de l'établissement, on applique au niveau de pression acoustique produit par l'établissement un terme correctif C_{tonal} dans le calcul du niveau d'évaluation du bruit particulier. Il varie de 3 à 6 dB(A) en fonction de la valeur de l'émergence tonale éventuellement présente.

D'autre part, un bruit peut être qualifié d'impulsif si la mesure selon la caractéristique dynamique "*impulse*" fournit un niveau maximal supérieur de 5 dB(A) au niveau maximal selon la caractéristique dynamique "*slow*". Le mode "*slow*" ou "*impulse*" signifie que la méthode de mesure au moyen d'un sonomètre est effectuée avec une constante de temps différente (1 seconde pour "*slow*" et 1 ms (milliseconde) pour "*impulse*"). La différence de dB(A) entre les 2 valeurs caractérise alors ce type de bruit. Le caractère impulsif d'un bruit peut également être mis en évidence par la mesure des L_{Aeq,10msec,max} (sur une durée de 10 ms).

Les **valeurs limites** destinées aux nouveaux établissements classés à considérer pour l'étude sont reprises dans le tableau suivant. Les valeurs limites sont différentes suivant les zones d'immission définies par le CWATUP (zones d'habitat, zones agricoles, zones d'espaces verts, zones de loisirs, etc.) et la période considérée (jour, transition et nuit).

Zone d'immission dans laquelle les mesures sont effectuées		Valeurs limites (dB(A))		
		Jour	Transition	Nuit
I	Toutes zones, lorsque le point de mesure est situé à moins de 500 m de la zone d'extraction, d'activité économique industrielle ou d'activité économique spécifique, ou, à moins de 200 m de la zone d'activité économique mixte, dans laquelle est situé l'établissement	55	50	45
II	Zones d'habitat et d'habitat à caractère rural, sauf I	50	45	40
III	Zones agricoles, forestières , d'espaces verts, naturelles, de parcs, sauf I	50	45	40
IV	Zones de loisirs, de services publics et d'équipements communautaires	55	50	45

Tableau 5-2 Valeurs limites de niveaux de bruit applicables aux nouveaux établissements classés en Région wallonne

Source : AGW du 4 juillet 2002 fixant les conditions générales d'exploitation des établissements visés par le décret du 11 mars 1999

Le principe repose sur la limitation du niveau de bruit provenant exclusivement de l'activité industrielle concernée (appelé "bruit particulier"). Ces limites sont applicables au niveau de bruit particulier de l'établissement et doivent être respectées pour tout intervalle d'une heure dans la période considérée.

Ces valeurs limites, exprimées en dB(A), sont précisées en fonction des périodes durant lesquelles ce niveau est observé, soit :

- Période de jour : de 7h00 à 19h00 les jours ouvrables, samedis y compris ;
- Période de transition : de 6h00 à 7h00 et de 19h00 à 22h00 les jours ouvrables, samedis y compris, et de 6h00 à 22h00 les dimanches et jours fériés ;
- Période de nuit : de 22h00 à 6h00 tous les jours de la semaine.

Selon l'arrêté, les valeurs limites les plus strictes à respecter sont donc de 40 dB(A) en période nuit et de 50 dB(A) en période jour dans les zones agricoles et forestières et dans les zones d'habitat et au niveau d'habitations isolées situées en zone agricole. Les éoliennes fonctionnant 24 heures sur 24, **la valeur limite la plus stricte à considérer est de 40 dB(A).**

Sur base des prescriptions de l'arrêté, ces valeurs s'appliquent à l'extérieur des habitations et doivent être respectées *lorsque la vitesse du vent est inférieure à 5 m/s (18 km/h)*. Elles s'appliquent au bruit généré par la totalité des éoliennes du parc.

Les valeurs limites de l'arrêté du 4 juillet 2002 ne peuvent donc être contrôlées avec un vent supérieur à 5 m/s. Ainsi, la vitesse de 5 m/s sert d'hypothèse de modélisation afin de vérifier le respect des valeurs limites de l'arrêté du Gouvernement wallon. Pour des vitesses supérieures, le Cadre de référence à prendre en considération est présenté au paragraphe suivant 5.5.2.

5.5.2. Valeurs limites préconisées dans le Cadre de référence pour l'implantation d'éoliennes en Région wallonne

Les valeurs limites fixées par l'AGW du 4 juillet 2002 s'appliquent explicitement à des environnements caractérisés par des vitesses de vent inférieures à 5 m/s. Elles ne sont donc pas appropriées au cas particulier des éoliennes qui commencent seulement à tourner à partir d'une vitesse d'environ 4 m/s et dont la puissance acoustique devient maximale pour des vitesses de vent supérieures à 8 m/s. Ainsi, il n'existe pas en Région wallonne des valeurs limites de bruit spécifiquement applicables aux éoliennes.

Le Cadre de référence recommande donc l'utilisation à la fois:

- ✓ de la législation hollandaise
- ✓ et de la réglementation en vigueur en Région wallonne.

Ce Cadre de référence spécifie une *courbe normative* de bruit spécifique maximal à l'immission en fonction de la vitesse du vent (la "WindNormCurve WNC-40) que toute éolienne (ou parc d'éoliennes) doit respecter. Cette courbe est issue de la législation hollandaise. Elle montre qu'au plus la vitesse de vent est importante, au plus le bruit maximal à l'immission à respecter augmente afin de tenir compte de l'augmentation du bruit ambiant qui produit un effet de masque susceptible de couvrir le bruit des éoliennes.

A partir du niveau standard de 40 dB(A) pour de faibles vitesses de vent, la valeur limite à l'immission est corrigée en fonction de la vitesse du vent et donc du niveau de bruit ambiant.

Le Cadre de référence, approuvé par le Gouvernement wallon le 18 juillet 2002, préconise la prise en compte de la courbe normative WNC-40 pour le cas particulier des éoliennes.

Cette courbe est donc applicable en période de nuit aux zones d'immission II et III définies par l'arrêté du Gouvernement wallon du 4 juillet 2002.

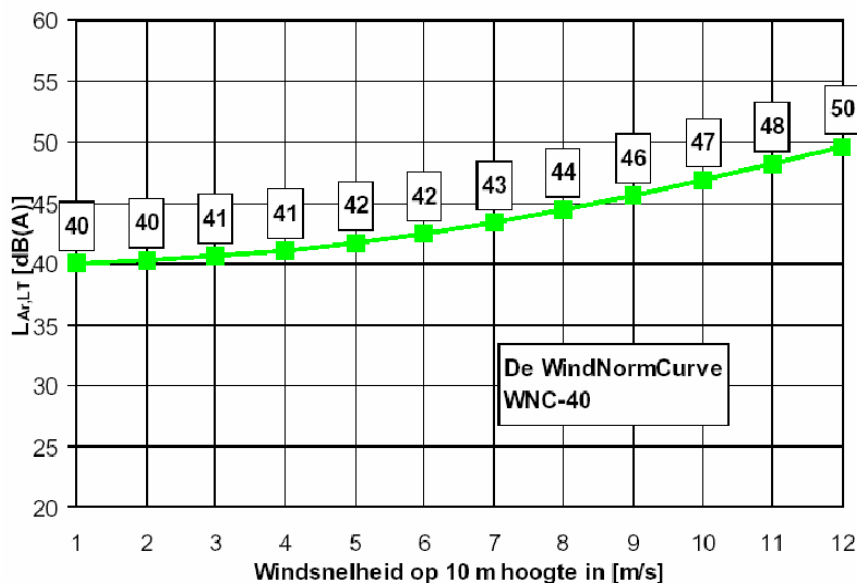


Figure 5-1 Courbe normative WNC-40 issue de la législation néerlandaise

Source: Besluit voorzieningen en installaties milieubeheer van 1 december 2001.

Cette courbe normative hollandaise est utilisée dans le cadre de cette étude pour évaluer l'impact acoustique du parc éolien à des vitesses de vent supérieures à 5 m/s.

Notons que, quand la vitesse du vent croît, le "phénomène de masque" du bruit de fond évolue plus rapidement que l'augmentation du bruit des éoliennes. Il existe donc une vitesse de vent appelée "vitesse défavorable" pour laquelle le bruit de l'éolienne choisie sera plus émergent dans le bruit ambiant créé par le vent. Cette vitesse est généralement située entre 7 et 8 m/s.

5.6. DESCRIPTION DE LA SITUATION EXISTANTE

Le site envisagé pour l'implantation du parc éolien s'inscrit sur un plateau essentiellement boisé, localisé au nord des villages de Parfondruy et de Ster à une altitude d'environ 500 m. Le parc éolien se situe en zone agricole et forestière au plan de secteur. La localisation géographique du parc éolien sur fond de carte IGN et de plan de secteur est donnée aux cartes suivantes:

Carte 2.4 – Localisation générale du projet

Carte 2.6 – Localisation par rapport au plan de secteur

L'ambiance sonore du site éolien en projet s'apparente à une ambiance de type "forestier" et "agricole" et aucune source sonore "non naturelle", hormis le trafic local et le bruit lié aux activités agricoles (ex: tracteurs, installations de traite mobile), forestières (ex: tronçonneuses) ou privées (ex: tonte de pelouse), n'est présente à moins d'un kilomètre des éoliennes. Par beau temps, il faut ajouter le passage régulier, au-dessus du plateau de Ster, des avions venant de l'aérodrome de Spa.

En situation initiale, les ordres de grandeur des niveaux sonores d'un milieu naturel venteux peuvent être caractérisés de la manière suivante :

- un vent de 8 à 10 m/s génère dans un environnement avec des arbres un bruit ambiant de l'ordre de 50 à 60 dB(A)
- pour des vitesses de vent variant de 6 à 10 m/s et sans effet local de proximité directe de la végétation, le bruit de fond variera de 40 à 47 dB(A).
- le niveau de 40 dB(A) correspond au niveau de bruit sur une plaine agricole lorsque le vent souffle légèrement.

Comme décrit au chapitre 4, les maisons isolées dans un rayon de 1 km autour du projet, sont au nombre de 10 et sont présentées dans le tableau suivant.

ID	Description	Distance au projet
	Stavelot	
A	Maison du Demandeur	255 m
B	Résidence secondaire	445 m
C	Résidence secondaire (châlet)	555 m
D	Résidence secondaire	545 m
G	Ferme de Lexhy	1050 m

ID	Description	Distance au projet
H	Ferme La Bicoque	925 m
I	Ferme	955 m
J	Maison	955 m
	Stoumont	
E-F	Gîtes (Dessus Heilrimont)	970 m

Tableau 5-3 Maisons isolées dans un rayon de 1 km autour du projet

Le groupe d'habitations le plus proche est le hameau de Ster dont les premières maisons se trouvent à 700 m de l'éolienne la plus proche.

5.7. EVALUATION DES INCIDENCES – EXPLOITATION

Le bruit à caractère continu généré par le fonctionnement d'une éolienne a deux origines :

- le bruit mécanique provenant du frottement au niveau des axes, boîte de vitesses et de l'alternateur,
- et le bruit aérodynamique provenant du frottement de l'air sur les pales.

5.7.1. Puissance acoustique des éoliennes envisagées

Pour le projet de parc éolien de Ster, le Demandeur envisage les modèles d'éoliennes suivants :

	Type	Puissance électrique nominale (MW)	Hauteur moyeu (m)	Diamètre rotor (m)	Régime rotor (rpm)	Vitesse vent MIN – MAX (m/s)
1	Vestas V90	3.0	80 - 105	90	8,6 à 18,4	4 - 25
2	Vestas V90	2.0	80 - 95 - 105	90	8,8 à 14,9	3,5 - 25
3	Vestas V90	1.8	80 - 95 - 105	90	8,8 à 14,9	3,5 - 25
4	Repower MM92	2.0	80 - 100	92,5	7,8 à 15	3,5 - 24
5	Repower MM82	2.0	80 - 100	82	8,5 à 17,1	3,5 - 25
8	Enercon E-82	2.0	85 - 98 - 108	82	6 - 19 (Mode I)	2,5 – 22/28

* information non disponible

Tableau 5-4 Types d'éoliennes envisagés par le Demandeur

www.repower.fr ; www.vestas.com ; www.enercon.de

Le Demandeur désire implanter seulement *un seul type d'éolienne pour le parc entier*. Son désir est de porter son choix sur les plus puissantes afin de maximiser la production d'électricité.

L'émission sonore d'une éolienne est caractérisée par sa puissance acoustique (notée L_{WA}) en un seul point au niveau du moyeu pour chaque vitesse de vent et prend en considération à la fois le bruit d'origine mécanique et celui d'origine aérodynamique.

Les puissances acoustiques mentionnées ci-dessous sont certifiées par l'organisme indépendant Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH sur base de mesures effectuées selon la norme IEC 61400-11 (International Electrotechnical Commission).

Le tableau et le graphique suivants permettent de comparer les différentes puissances acoustiques en fonction de la vitesse de vent.

Remarques : - Les différents modes de fonctionnement (noté "mode X") correspondent à différents bridages acoustiques des éoliennes afin d'atténuer le bruit. Il est donc possible de moduler le bruit des éoliennes en phase d'exploitation.
- Il existe le futur modèle Enercon E82 à 3 MW (au lieu de 2 MW) mais encore en développement (pas de données disponibles).

Puissances acoustiques (L_{WA}) des éoliennes envisagées par le Demandeur						
Type d'éolienne	Vitesse de vent (m/s)					
	5	6	7	8	9	10
V90 3 MW Mode 0	-	105.2	107.6	109.0	109.4	108.7
V90 3 MW Mode 1	-	-	107.5	107.8	107.6	107
V90 3 MW Mode 2	-	-	105	105.2	105.7	106.7
V90 2 MW Mode 0	99.2	102.4	103.6	103.9	-	-
V90 2 MW Mode 1	99.7	102.2	102.3	102.6	-	-
V90 2 MW Mode 2	-	98.6	99.9	100.8	101.1	101
Repower MM 82 (2 MW)	100.7	103.5	104.3	104.2	104	104.1
Repower MM 92 (2 MW)	-	101.6	102.9	103	102.1	-
Enercon E-82 (2 MW)	97.5	101.9	103.6	104	104	104

Tableau 5-5 Niveau de puissance acoustique des différentes éoliennes envisagées par le Demandeur

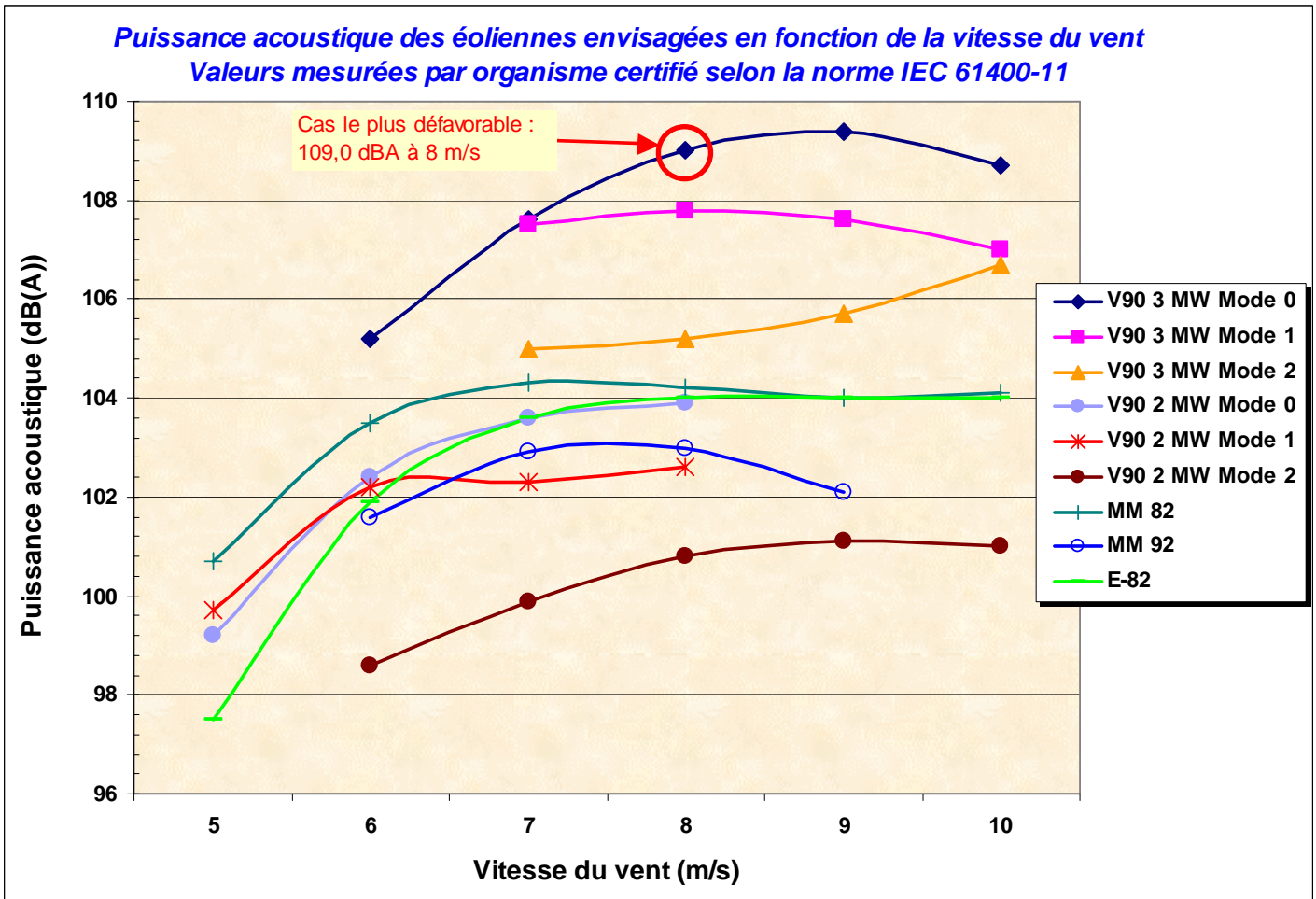


Figure 5-2 Evolution des puissances acoustiques en fonction de la vitesse de vent pour les différentes éoliennes envisagées

Remarques:

- Seuls les modes de fonctionnement présentant les puissances acoustiques les plus élevées sont présentés (par exemple la Vestas V90 3 MW a également les modes 3 et 4 mais avec une puissance acoustique plus faible que celle des autres modes).
- La V90 3 MW mode 2 présente des puissances acoustiques pour des vitesses de vent > 10 m/s comparables ou inférieures à celle à 10 m/s (courbe orange) sur base des valeurs estimées dans la documentation technique fournie par le Demandeur.

La puissance acoustique maximale parmi les éoliennes retenues est produite par la Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0 pour la gamme de vitesse de vent de 8-9 m/s (vitesse à 10 m de hauteur). Il s'agit du modèle d'éolienne le plus productif du point de vue énergétique.

Le cas le plus défavorable acoustiquement correspond à la Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0 à 8 m/s. En effet, il faut à la fois tenir compte:

- de la puissance acoustique à la vitesse donnée
- et du niveau de bruit maximal à l'immission selon la courbe WNC-40 (cf. paragraphe 5.5.2)

Ainsi:

- à 8 m/s, la puissance acoustique est de 109,0 dB(A) et le niveau de bruit particulier maximal admissible selon la courbe WNC-40 est de 44 dB(A)
- à 9 m/s, la puissance acoustique est de 109,4 dB(A) et le niveau de bruit particulier maximal admissible selon la courbe WNC-40 est de 46 dB(A)

La différence de 2 dB(A) pour le bruit particulier maximal admissible est supérieure à la différence de 0,4 dB(A) pour les puissances acoustiques.

Ainsi, la **modélisation du cas le plus défavorable** dans le Cadre de référence pour les différentes éoliennes envisagées par le Demandeur correspond à la Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0 pour **une puissance acoustique totale de 109,0 dB(A) à une vitesse de vent de 8 m/s.**

Pour l'évaluation dans le cadre l'AGW du 4 juillet 2002, une puissance acoustique de 105,2 dB(A) a été prise (valeur certifiée pour une vitesse de 6 m/s car la valeur certifiée à 5 m/s n'est pas disponible).

Les spectres fréquentiels sont donnés au Tableau 5-6.

5.7.2. Modélisation du niveau d'évaluation du bruit particulier

Pour l'éolienne présentant le cas le plus défavorable acoustiquement, *deux modélisations* ont été effectuées à l'aide d'un calcul informatisé selon la norme ISO 9613 afin de tenir compte des 2 situations liées au cadre réglementaire (cf. paragraphes 5.5.1 et 5.5.2):

1. pour la "**Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0**" à **8 m/s** pour l'évaluation des nuisances acoustiques potentielles selon le cadre de référence défini par la courbe WNC-40 (*soit un niveau de bruit particulier maximal admissible de 44 dB(A)*),
2. pour la "**Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0**" à **5 m/s** pour l'évaluation des nuisances acoustiques potentielles selon les valeurs limites fixées par l'AGW du 4 juillet 2002 s'appliquant explicitement à des environnements caractérisés par des vitesses de vent maximum à 5 m/s (*valeur limite à 40 dB(A) la plus stricte en période de nuit*).

Les **hypothèses** de modélisation sont les suivantes:

- Calcul selon la norme internationale ISO 9613.
- 7 éoliennes de type Vestas V90 - 3.0 MW – mode 0 localisées sur base de leur coordonnées Lambert.
- Domaine d'étude large compris entre les coordonnées Lambert et centré sur le projet:
 - X = 256000 – Y = 120000 m
 - X = 262100 – Y = 125300 m
 - ce qui représente une superficie de 6,1 km X 5,3 km.

- Prise en compte d'un vent portant ce qui implique une majoration¹ de la puissance acoustique des sources de 3 dB(A).
- Prise en compte de l'atténuation A_{div} , A_{atm} et A_{sol} (divergence géométrique, absorption de l'air et effet de sol sur base de la norme ISO 9613). Aucune autre atténuation n'a été prise en compte (ni d'effet de masque, ni divers autres effets).
- Pour A_{atm} : coefficients d'atténuation atmosphérique les plus faibles pour prendre en compte les conditions d'humidité de l'air et de température les plus défavorables (coefficients d'atténuation atmosphérique α en dB/km les plus faibles pour chaque bande d'octave de bruit selon la norme ISO 9613);
- Pour A_{sol} : prise en compte d'un sol poreux (sol recouvert d'herbe, d'arbres ou d'une autre végétation, et toute autre surface de sol convenant à la croissance de végétaux).

Le modèle se base donc sur des *hypothèses maximalistes de propagation du bruit pour tenir compte d'un cas défavorable*.

Les données spectrales par bande d'octave fournies par le Demandeur sont reprises dans le tableau suivant. Elles ont été certifiées par l'organisme indépendant Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH sur base de mesures effectuées selon la norme IEC 61400-11.

Puissances acoustiques par bande d'octave de VestasV90 3.0MW Mode 0 à 8 m/s et à 5 m/s								
Fréquence en Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
V90 à 8 m/s	96.78	98.06	101.49	102.63	103.45	99.61	95.3	87.41
	Puissance totale $L_{WA} = 109,0$ dB(A)							
V90 à 5 m/s	89.41	92.75	98.40	100.12	99.67	94.62	87.25	76.56
	Puissance totale $L_{WA} = 105,2$ dB(A)							

Tableau 5-6 Spectres de bruit par bande d'octave pour l'éolienne V90 3.0MW Mode 0 à 8 m/s et à 5 m/s

Remarque: les données du spectre fréquentiel pour la vitesse de vent 5 m/s ne sont pas disponibles; *ainsi en réalité, il a été pris en compte celles pour 6 m/s ce qui représente un majorant pour l'évaluation de l'impact acoustique du projet. Sur base des données techniques de présentation des éoliennes fournies par le Demandeur, la puissance acoustique "estimée" (donc non mesurées et non certifiées, ce qui fait que la valeur à 6 m/s diffère de celle certifiée présente au Tableau 5-6) est de*

- 106,5 dB(A) pour 6 m/s
- et 103,0 dB(A) pour 5 m/s.

En première approximation, la surévaluation est de l'ordre de $106,5 - 103 = \pm 3,5$ dB.

¹ La norme de calcul est valable pour des conditions modérées de propagation par vent portant (vent entre 1 m/s et 5 m/s entre 3 et 11 m au-dessus du sol). Or nous effectuons les calculs avec des spectres de bruit correspondant à des vitesses de vent supérieures à 5 m/s. Une majoration de 3 dB[A] est pratiquée pour tenir compte des vitesses de vent supérieures à 5 m/s.

En ce qui concerne les émergences tonales et le caractère impulsif du bruit (cf. paragraphe 5.5.1), le niveau de bruit particulier à l'immission est selon la norme ISO corrigé de 2 termes correctifs ($L_{Ar,T} = L_{Aeq,part,T} + C_{tonal} + C_{impulsif}$). Ces termes ont été pris comme équivalents à zéro étant donné que

- L'étude prend en compte *la non existence d'émergence tonale pour les éoliennes*. En effet, en Région wallonne, sur base d'études et d'essais de mesures *in situ* sur des projets existants (ex: campagne de mesures à Gembloux-Sombreffe pour des éoliennes de 1,5 MW), il n'a pas été constaté d'émergences tonales qui induiraient un terme correctif. Cela justifie l'hypothèse prise pour l'absence de caractère tonal. Néanmoins, cette hypothèse doit être traduite en termes de recommandation.
- Etant donné que l'éolienne est une source de bruit continu, avec variation négligeable du niveau sonore, aucun terme correctif n'est pris en compte pour le caractère impulsif du bruit aux endroits des différents récepteurs.

5.7.3. Résultats pour les niveaux de bruit à l'immission

Les résultats sont illustrés sous forme de **cartes de bruit** couvrant le domaine d'étude pour les 2 situations examinées:

- vitesse de vent défavorable de 8 m/s pour l'évaluation du respect des critères repris dans le Cadre de référence (44 dB(A) - Carte 5.1).
- vitesse de vent de 5 m/s pour l'évaluation du respect des valeurs limites de l'arrêté du 4 juillet 2002 en matière de permis d'environnement (40 dB(A) - Carte 5.2).

Carte 5.1 – Niveaux sonores pour V90, 3 MW, mode 0, vent de 8 m/s

Carte 5.2 – Niveaux sonores pour V90, 3 MW, mode 0, vent de 5 m/s

Ces cartes permettent d'identifier les niveaux de bruit à l'immission pour les maisons isolées (représentées sur les cartes 5.1 et 5.2) et pour les zones d'habitat.

Les 2 tableaux suivants présentent les niveaux acoustiques perçus aux différents récepteurs définis, pour les 2 situations prises en compte.

Niveau sonore total calculé aux récepteurs (7 éoliennes Vestas V90 3.0 MW mode 0 à 8 m/s)				
Récepteur	Distance (m)	Lambert X	Lambert Y	Niveau sonore total (dB(A))
B	445	258 551	121 726	47.5
C	555	259 086	121 684	46.2
D	545	259 597	121 999	45.9
E	970	258 306	123 576	41.3
F	970	258 379	123 574	41.5
G	1050	260 657	124 091	37.3
H	925	260 967	123 065	38.8
I	955	260 646	122 483	40.2
J	955	260 433	122 208	40.2
<i>Niveau de bruit maximal admissible : 44 dB(A)</i>				

Tableau 5-7 Niveau sonore total calculé aux récepteurs les plus proches (maisons isolées) - cas Vestas V90 3.0MW Mode 0 à 8 m/s

Remarque: le **récepteur A** correspond à la maison du Demandeur (distance de 255 m, Lambert 259085 – 122065 m). Le niveau sonore total y est de 55,1 dB(A). Ce récepteur n'est pas pris en considération dans l'étude étant donné que le Demandeur a renoncé à ses droits de citoyen pour l'aspect paysage et acoustique (cf. Annexe 4.2 "Courrier de M. et Mme Verzuu").

Niveau sonore total calculé aux récepteurs (7 éoliennes Vestas V90 3.0 MW mode 0 à 5 m/s)				
Récepteur	Distance (m)	Lambert X	Lambert Y	Niveau sonore total (dB(A))
B	445	258 551	121 726	43.8
C	555	259 086	121 684	42.5
D	545	259 597	121 999	42.2
E	970	258 306	123 576	37.6
F	970	258 379	123 574	37.8
G	1050	260 657	124 091	33.5
H	925	260 967	123 065	35.1
I	955	260 646	122 483	36.5
J	955	260 433	122 208	36.5
<i>Valeur limite la plus stricte (nuit) : 40 dB(A)</i>				

Tableau 5-8 Niveau sonore total calculé aux récepteurs les plus proches (maisons isolées) - cas Vestas V90 3.0MW Mode 0 à 5 m/s

Remarque: Le niveau sonore total pour le récepteur A correspondant à la maison du Demandeur (distance de 255 m) est de 51,4 dB(A). Cf. remarque précédente (non pris en considération).

Les dépassements prévisibles des niveaux sonores par rapport aux normes pour les récepteurs sont indiqués **en grisé**.

Il faut signaler que pour certains récepteurs, la proximité d'arbres, de haies, ... peut contribuer à réduire voire éliminer toute sensation de gêne éventuelle générée par le bruit des éoliennes par effet de masque. Le niveau de bruit généré par un arbre feuillu à 4 mètres de distance (cas des maisons avec jardin) est de 55 dB(A) pour une vitesse de vent de 6 m/s.

5.7.4. Comparaison aux normes et conclusions pour les récepteurs

Résultats par rapport au Cadre de référence pour l'implantation d'éolienne en Région wallonne:

Sur base du Tableau 5-7 (vitesse de vent de 8 m/s), des dépassements par rapport au niveau de bruit maximal admissible de 44 dB(A) sont observés pour les récepteurs B, C et D en tenant compte des conditions défavorables (cf. paragraphes 5.7.1 et 5.7.2).

Le **dépassement** le plus important correspond au récepteur B et s'évalue à **3,5 dB(A)**. Ce dépassement ne concerne que la période de nuit. Pendant les autres périodes, aucun dépassement n'est à craindre (norme supérieure de 5 dB(A) pour la période de transition et de 10 dB(A) pour la période de jour).

Résultats par rapport aux valeurs limites de la législation en matière de permis d'environnement en Région wallonne :

Sur base du Tableau 5-8 (vitesse de vent de 5 m/s), des dépassements par rapport à la valeur limite la plus stricte de 40 dB(A) (période de nuit) de l'arrêté du 4 juillet 2002 s'observent pour les récepteurs B, C et D en tenant compte des conditions défavorables. Le dépassement le plus important correspond au récepteur B et s'évalue à 3,8 dB(A).

Remarque: Néanmoins, il faut rappeler que les données utilisées pour le spectre fréquentiel correspondent à celles pour un vent de 6 m/s et non pour 5 m/s (cf. paragraphe 5.7.2, remarque après le Tableau 5-6). Ce dépassement est donc surévalué. Sur base des données techniques de présentation des éoliennes, en première approximation le dépassement est en réalité de l'ordre de +- 0,3 dB(A) (3,8 - 3,5 = 0,3).

Une recommandation est formulée sur base de la puissance acoustique modélisée (105,2 dB(A)) et du dépassement calculé qui en découle (+3,8 dB(A)).

Conclusion générale pour les niveaux d'exposition au bruit

Pour la situation à 8 m/s, **le dépassement maximum s'évalue à 3,5 dB(A)** pour le niveau sonore à l'immission pour les récepteurs les plus exposés acoustiquement.

Dès lors, le niveau de puissance acoustique des éoliennes pour lequel les niveaux sonores à l'immission sont équivalents à ceux de la norme pour le riverain le plus exposé est de $109 - 3,5 = 105,5 \text{ dB(A)}^2$ pour une vitesse de 8 m/s.

Sur base de l'évaluation par rapport à l'AGW du 4 juillet 2002, le niveau de puissance acoustique maximum pour le riverain le plus exposé est de $105,2 - 3,8 = 101,4 \text{ dB(A)}$ pour une vitesse de 5 m/s.

5.7.5. Incidences de la cabine de tête et du raccordement

Pour rappel, le parc éolien comportera une cabine de tête au pied de l'éolienne n°2. Cette cabine ne comportera normalement pas de transformateur mais, le cas échéant, elle intégrera un transformateur de maximum 50 kVA.

Ce type d'installation électrique ne génère aucun bruit significatif à une distance de quelques mètres. Aucune incidence sur l'environnement sonore n'est donc à signaler.

Il est de même pour le raccordement des éoliennes.

5.8. EVALUATION DES INCIDENCES – CHANTIER ET FIN DE VIE

5.8.1. Chantier de raccordement

Le chantier mobile de pose de câble jusqu'au transformateur situé à Brume sera à l'origine de bruits typiques de ce genre de chantier (pelleteuse, marteau piqueur, passage de camions). Ces bruits pourront être importants mais ils seront très limités dans le temps (quelques heures à quelques jours) pour un récepteur déterminé (riverain proche du chantier). Le chantier ne reste en effet à un même endroit que le temps de creuser la tranchée, de poser le câble et de refermer la tranchée. Ces bruits ne seront émis que dans les horaires de travail habituels des ouvriers et jamais de nuit. Ils sont considérés comme acceptables vus leur caractère très temporaire.

5.8.2. Chantier de construction et de démontage

Les bruits propres aux chantiers de construction (aménagement des chemins compris) et de démantèlement des éoliennes seront limités dans le temps (quelques mois). De plus, ils seront émis en journée et à plusieurs centaines de mètres des riverains susceptibles d'être affectés. Ils ne sont donc pas considérés comme problématiques.

² Rappel : 109 dB(A) est le niveau de puissance acoustique de l'éolienne V90 (3 MW) en mode 0 et à une vitesse de vent de 8 m/s)

Les effets de ces chantiers sur l'ambiance sonore seront de deux types :

- le bruit généré par les engins de chantier à proprement parler (excavatrices, grues,...)
- le bruit généré par le charroi nécessaire à l'acheminement des éoliennes sur le site.

5.9. ALTERNATIVE

L'implantation d'éoliennes plus petites – 120 m au lieu de 150 m de haut, pales comprises – engendrera des niveaux de pression acoustique équivalents aux niveaux calculés pour les éoliennes de 150 m aux alentours du parc éolien, mais légèrement supérieurs au pied des éoliennes (le rotor est plus proche de l'observateur). La différence en termes d'impacts sonores par rapport au projet de base est donc négligeable.

5.10. SYNTHESE ET CONCLUSIONS

L'impact du projet d'implantation de 7 éoliennes sur le plateau de Ster (communes de Stavelot – Stoumont) sur l'environnement sonore concerne principalement le bruit émis par les éoliennes en fonctionnement et les nuisances éventuelles qu'elles peuvent générer pour les riverains les plus exposés.

Les modélisations acoustiques effectuées en tenant compte d'hypothèses défavorables, démontrent que le niveau de bruit maximal admissible dans le "*Cadre de référence pour l'implantation d'éolienne en Région wallonne*" peut être dépassé pour 3 riverains les plus proches du projet³ dans le cas où le Demandeur porte son choix sur le type d'éolienne ayant la puissance acoustique⁴ la plus élevée, à savoir la Vestas V90 3 MW en mode 0 (vitesse de vent la plus défavorable de 8 m/s).

Les récepteurs concernés sont situés au sud du parc prévu (récepteurs B, C et D – dépassement le plus important de 3,5 dB(A) pour la période de nuit et une vitesse de vent de 8 m/s).

L'alternative n'engendre pas de réduction ou d'augmentation sensible des impacts acoustiques par rapport au projet de base.

5.11. RECOMMANDATIONS

Pour respecter les critères en vigueur définis par le Cadre de référence, une **atténuation acoustique de 3,5 dB** est à recommander à une vitesse de 8 m/s pour l'éolienne la plus puissante (Vestas V90 3 MW en mode 0).

Indépendamment des modèles d'éolienne considérés dans l'étude, la **puissance acoustique maximale** pour le choix des 7 éoliennes du parc prévu **doit être au maximum de 105,5 dB(A)**

³ Hormis la maison du Demandeur pour lequel un dépassement plus important du niveau sonore est observé. Il n'est pas considéré dans l'étude étant donné qu'il a renoncé à ses droits de citoyens pour son confort acoustique.

⁴ Et également la production électrique la plus élevée.

(pour une vitesse de vent de 8 m/s à 10 m du sol) pour tenir compte des conditions défavorables et du riverain le plus exposé en période de nuit.

Le Demandeur peut dès lors porter son choix :

- sur des éoliennes qui respectent les niveaux de puissance acoustique suivants :
 - à une vitesse de vent 5 m/s (mesurée à une hauteur de 10 m): 101,4 dB(A)
 - à une vitesse de vent 8 m/s (mesurée à une hauteur de 10 m) m/s: 105,5 dB(A)
 - Toute chose étant égal par ailleurs en ce qui concerne le spectre fréquentiel aux autres vitesses de vent (par rapport à la situation modélisée à 8m/s), les puissances acoustiques suivantes doivent être respectées⁵:
 - à 6 m/s: 103,5 dBA
 - à 7 m/s : 104,5 dBA
 - à 9 m/s: 107, 5 dBA
 - à 10 m/s: 108,5 dBA
 - à 11 m/s: 109,5 dBA
- sur l'éolienne la plus puissante envisagée à savoir la Vestas V90 3 MW en mode 0 mais, en période de nuit, un système de réduction de bruit doit être équipé (autre mode de fonctionnement) pour respecter les critères de puissance acoustique maximale.

Le Demandeur doit fournir à l'autorité compétente les différentes puissances acoustiques en fonction de la vitesse de vent pour le type d'éolienne finalement choisi et ce sur base d'une déclaration certifiée selon la norme IEC 61400-11.

Par ailleurs, il est recommandé de s'assurer qu'aucune tonalité dans les spectres en tiers d'octave n'existe pour l'éolienne choisie.

Aucune recommandation ne doit être formulée pour les installations électriques externes, le raccordement et le chantier.

⁵ Sur base de la WindNormCurve (cf. Figure 5-1) des normes hollandaises: la différence de niveau sonore admissible par rapport à la situation modélisée à 8 m/s a été prise en compte pour évaluer la puissance acoustique aux autres vitesses de vent.