



HOWE GASTMEIER CHAPNIK LIMITED
2000 Argentia Road
Plaza 1, Suite 203
Mississauga, ON
L5N 1P7 Canada

Tel: (905) 826-4044
Fax: (905) 826-4940

LES ÉOLIENNES ET L'INFRASON

RAPPORT SOUMIS À :

**Association canadienne de l'énergie éolienne
CanWEA**
Suite 320, 220 Laurier Avenue West
Ottawa, Ontario K1P 5Z9
Canada

RAPPORT SOUMIS PAR :

**Howe Gastmeier Chapnik Limited
(HGC Engineering)**
2000 Argentia Road Plaza 1, Suite 203
Mississauga, Ontario L5N 1P7
Canada

Personnes-ressources : Brian Howe, M Eng, MBA, P Eng

29 novembre 2006

RÉSUMÉ

Les services d'HGC Engineering ont été retenus par l'Association canadienne de l'énergie éolienne pour traiter de la question de l'infrason en relation avec les parcs éoliens et ses effets potentiels sur les résidences. L'infrason est un son qui a une fréquence inférieure à celle qui est généralement considérée comme perceptible par l'audition humaine. Il y a diverses manières de définir l'intensité de l'infrason, entre autres, il y a le réseau de pondération G, dBG, désigné spécialement par l'ISO pour traiter avec l'infrason. Les niveaux sonores de pondération G de 85 dBG et moins ne sont pas suffisants pour créer une perception humaine. Les niveaux infrasoniques créés par les éoliennes sont souvent similaires aux niveaux ambiants présents dans l'environnement naturel à cause du vent, typiquement de 85 dBG ou moins, et il n'y a aucune évidence d'effets nocifs sur la santé causés par cet infrason. L'Infrason à proximité des éoliennes modernes n'est généralement pas perceptible pour les humains, que ce soit par des mécanismes auditifs ou non. Souvent, les éoliennes créent un « souffle » audible, qui est essentiellement un bruit à large bande dont l'amplitude est modulée à basse fréquence, mais qui ne doit pas être confondu avec l'infrason. Somme toute, d'après les études canadiennes et internationales, l'infrason généré par les éoliennes ne devrait pas être considéré préoccupant pour la santé dans les résidences avoisinantes.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	i
1. INTRODUCTION.....	1
2. CRITÈRES DE L'INFRASON	3
3. L'INFRASON PRODUIT PAR DES ÉOLIENNES	6
4. CARACTÉRISTIQUES AUDIBLES DES ÉOLIENNES	9
5. CONCLUSIONS	11

Figure 1 : Spectrogramme des niveaux de pression acoustique mesurés près d'une éolienne Vestas 1,8 MW

Figure 2 : Spectrogramme des niveaux de pression acoustique mesurés près d'une éolienne Vestas 1,5 MW

1. INTRODUCTION

Les services d'Howe Gastmeier Chapnik Limited (HGC Engineering) ont été retenus par l'Association canadienne de l'énergie éolienne pour traiter de la question de l'infrason et déterminer s'il s'agit d'une question préoccupante pour l'industrie de l'énergie éolienne au Canada. Les éoliennes génèrent du son et ce fait est examiné de manière routinière quand des parcs éoliens sont placés près de terrains à vocation résidentielle. Un sous-ensemble du son – largement défini comme toute fluctuation de la pression aérienne qui peut être perçue par des humaines – contient de l'infrason. L'infrason est défini comme « un phénomène ondulatoire de la même nature physique que le son, mais dont les fréquences sont inférieures à la limite de l'audition humaine ».

Généralement, l'audition au moyen du système nerveux auditif est considérée être limitée aux extrémités inférieures des fréquences au-dessus de 20 Hz. Cependant, bien que l'infrason ne puisse pas être « entendu » selon l'acception normale du mot, dans certaines circonstances il peut être perçu par des humaines; il y a un certain degré de perception auditive sous les fréquences de 20 Hz et il y a des mécanismes non auditifs, comme le système vestibulaire d'équilibre et la résonance endocavitaire par lesquels les humains peuvent percevoir l'infrason.

L'infrason des éoliennes a été objet de controverse à l'occasion. Le Toronto Star a publié un article¹ en novembre 2006 indiquant qu'une famille avait quitté sa maison alléguant des soucis de santé à la suite de sons inaudibles produits au parc éolien de Pubnico Point en Nouvelle-Écosse. Par contre, un article dans le numéro de juin 2006 du Journal of the Canadian Acoustical Association² a présenté une étude technique suggérant que l'infrason n'était pas un problème.

Cet article est rédigé pour couvrir les questions reliées à l'infrason, clarifier certaines fausses conceptions et orienter les discussions dans une direction utile. L'article soulève, et tente de répondre, à trois questions pertinentes :

1. À quels niveaux l'ultrason pose-t-il une menace à la santé des humains ou à leur nuisance?
2. Les éoliennes modernes produisent-elles de l'infrason, et si oui, à quel niveau?
3. Y a-t-il des caractéristiques ou des phénomènes acoustiques associés aux éoliennes qui pourraient être confondus avec de l'infrason, et présentent-ils un danger?

2. CRITÈRES DE L'INFRASON

L'infrason, à un certain niveau, prévaut partout dans l'environnement naturel : les gens sont continuellement exposés au son à des fréquences infrasoniques. Les sources naturelles de l'infrason comprennent le vent et les brisants, il existe une vaste gamme de sources créées par les humains comme les processus industriels, les véhicules et les systèmes CVCA dans les immeubles.

L'intensité du son, comme celle de l'infrason, est habituellement mesurée et exprimée en décibels (dB) relatifs à une référence de 20 micropascals. Une autre caractéristique importante pour décrire le son est la fréquence à laquelle les oscillations de pression se produisent, exprimées en Hertz (Hz).

Il existe une variété de réseaux de charge servant à ajuster les niveaux sonores en fonction de la fréquence et du but recherché. Le réseau de charge A est utilisé communément pour ajuster les niveaux sonores pour reproduire approximativement la sensibilité de l'audition humaine et la rendre un descripteur inapproprié de l'infrason. Il est de beaucoup préférable d'utiliser des niveaux linéaires (pas des réseaux) de niveaux de décibels, et de les comparer à des critères de niveaux linéaires en fonction de la fréquence, ou d'utiliser le réseau de charge G défini par l'ISO pour se pencher spécifiquement sur l'infrason, et comparer les niveaux de réseau de charge G aux critères exprimés en dBG. Des microphones et des instruments de mesure sont à notre disposition pour mesurer l'infrason et il existe des normes internationales^{3 4} qui définissent ces procédures.

En ce qui concerne le bruit environnemental, la plupart des administrations ne suggèrent pas des critères d'évaluation spécifiques du bruit à des fréquences infrasoniques, puisque les problèmes acoustiques concernant l'infrason sont rares.

Plusieurs articles et rapports traitant du bruit à basse fréquence en général, et des investigations du bruit à basse fréquence produit par des éoliennes en particulier, ont paru au cours des dernières années.

Les seuils d'audition, sous lesquels l'infrason n'est généralement pas discerné par la perception auditive ou non auditive, ont été documentés par une variété de chercheurs, y compris Berglund et Hassmen⁵, et Watanabe et Møller⁶. Ces articles présentent des courbes spectrales, où les niveaux sonores sont fonction de la fréquence, qui indiquent les limites de perception pour les sons purs. Ces limites de perception varient d'environ 100 dB (linéaire) à 5 Hz baissant à 80 dB (linéaire) à 20 Hz.

Divers rapports et articles suggèrent aussi des niveaux acoustiques de pondération G acceptables, y compris un rapport de University of Massachusetts⁷ en 2006 qui suggère des niveaux de seuil de l'ordre de 100 dBG à 10 Hz. Un rapport préparé pour le gouvernement du Royaume-Uni⁸ en 2003 suggère que les niveaux sonores entre 85 et 90 dBG ne sont pas suffisants pour créer une perception humaine. Tenir compte de la variation statistique associée avec la sensibilité variable des gens semblerait approprié lors de la définition de la borne inférieure, conservatrice du critère. L'Agence de protection de l'environnement au Danemark⁹ a mis au point des critères pour l'infrason en général (pas limité aux éoliennes) de 85 dBG, permettant explicitement un facteur de 10 dB pour les personnes plus sensibles que la norme.

En ce qui a trait à la santé, à des niveaux suffisamment élevés, l'infrason peut être dangereux et engendrer de sérieux problèmes de santé, de la vue et du contrôle moteur. Cependant, il est grossièrement inexact de conclure que l'infrason, à n'importe quel niveau, entraîne des risques pour la santé. L'infrason est préoccupant dans le cas des vols habités dans l'espace, et des études préparées pour la NASA¹⁰ suggèrent l'absence d'effets significatifs découlant de l'infrason avant que le niveau dépasse 125 dB (linéaire). L'étude de l'University of Massachusetts mentionnée ci-dessus a conclu qu'« il n'y a aucune évidence claire que l'infrason sous le seuil de l'audition

produise un effet physiologique ou psychologique ». Utiliser les critères de la perception aboutit essentiellement à des critères conservateurs pour les effets sur la santé.

En résumé, en faisant l'hypothèse de la pire éventualité selon laquelle quelqu'un sera importun s'il perçoit l'infrason, un critère de niveau sonore infrasonique dans la gamme de 85 dBG est approprié pour assurer qu'il n'y aura aucun impact défavorable.

3. L'INFRASON PRODUIT PAR DES ÉOLIENNES

En évaluant si les éoliennes peuvent ou non produire de l'infrason, il existe la difficulté pratique de séparer l'influence des éoliennes de celle du vent. Les éoliennes fonctionnent quand il y a du vent, et ce vent par lui-même crée de l'infrason.

Une étude réalisée par HGC Engineering pour le parc éolien Pubnico Point¹¹ n'a pas été conclusive en séparant le son infrasonique dû aux éoliennes de l'interférence du vent et de l'action des vagues dans l'Océan Atlantique. Les niveaux sonores linéaires dans la place de fréquence de 5 à 25 Hz étaient typiquement de 60 dB, que quelqu'un soit près ou éloigné des turbines Vestas V80 1,8 MW. Les niveaux de pondération G dans l'ensemble étaient 79 dBG à 60 m d'une turbine, 81 dBG à 330 m, et 74 dBG à 700 m. Néanmoins, l'étude a montré que, peu importe la source de l'infrason et la distance des éoliennes, les niveaux infrasoniques se situaient en dessous des critères de perception ou de nuisance.

Une étude du bruit¹² pour le Zagórze Wind Farm en Pologne, consistant de quinze turbines Vestas V80 turbines, a produit des résultats comparables aux mesures prises par HGC Engineering. Les mesures des niveaux sonores ont été prises à divers emplacements à 100 m d'une turbine et le niveau de pondération G maximal dans l'ensemble a été déterminé comme étant 75 dBG. HGC Engineering avait une meilleure occasion de séparer les niveaux sonores infrasoniques dus à une éolienne des niveaux ambiants sur un site en Ontario. Les mesures des niveaux sonores de pondération G dans l'ensemble ont été 80 dBG à 60 m, 67 dBG à 300 m, et 59 dBG à une distance de plus de 3 km d'une turbine GE 1,5 MW. Une autre étude de infrason¹³ utile à cet article a été menée pour le Castle River Wind Farm en Alberta. Le parc éolien comprend 59 éoliennes de 660 kW et une éolienne de 600 kW. Les résultats de ce programme de mesures suggèrent que, par grand vent, le niveau infrasonique maximal était de 91 dBG à 50 m, comparé à un niveau ambiant de 83 dBG, tandis qu'à 1 km le niveau maximal était de 84 dBG comparé à un niveau ambiant de 82 dBG. Par des conditions de faible vent, le niveau maximal de l'infrason était de 72 dBG à 50 m, comparé à un niveau ambiant de 51 dBG, tandis qu'à 1 km le

niveau maximal était de 69 dBG comparé à un niveau ambiant de 62 dBG. L'étude a conclu que l'infrason est présent près des éoliennes, mais ce n'est pas préoccupant.

En passant, HGC Engineering a investigué et étudié des situations où l'ultrason était problématique; un secteur résidentiel près d'un moteur diesel à basse vitesse de 30 MW dans les Caraïbes, et une usine de traitement de verre recyclable en Allemagne qui faisait un usage extensif d'écrans et d'agitateurs vibrants. Dans les deux cas, les niveaux étaient tonaux (d'une seule fréquence) et beaucoup plus élevés que les critères de perception mentionnés ci-dessus, mais contrairement à ce qu'on pourrait croire, le problème n'était pas la réponse humaine. Plutôt, les fenêtres et les luminaires dont les fréquences naturelles correspondaient à la fréquence d'excitation tremblaient visiblement.

D'après les données ci-dessus, il est raisonnable de conclure que les éoliennes modernes de la gamme de puissance utilisée dans les parcs éoliens au Canada produisent des infrasons. Souvent, les niveaux sont suffisamment masqués par les niveaux infrasoniques ambiants dus à d'autres sources, mais pas toujours. Les niveaux sonores infrasoniques dans l'ensemble de l'ordre de 80 à 90 dBG seraient typiquement escomptés près des éoliennes, et diminueraient avec l'augmentation de la distance aux éoliennes.

Aux distances les plus rapprochées auxquelles les résidences sont typiquement situées près de grandes éoliennes, approximativement 300 m, les niveaux infrasoniques sont suffisamment bas pour ne pas causer d'inquiétude. De toute manière, la discussion sur le fait que l'infrason constitue ou non un risque pour la santé à bas niveaux reste académique puisque, en l'absence d'éoliennes, des niveaux infrasoniques comparables sont présents dans l'environnement naturel.

En résumé, il n'y a aucune évidence suggérant que l'infrason des éoliennes soulève des préoccupations relativement à la perception ou la santé humaine. Cela concorde avec les études

déjà citées dans le présent article et avec des études publiées au Royaume-Uni¹⁴, en Australie¹⁵, et en Nouvelle-Zélande¹⁶.

4. CARACTÉRISTIQUES AUDIBLES DES ÉOLIENNES

Si l'infrason à proximité des parcs éoliens est imperceptible, la question demeure à savoir s'il y a des caractéristiques audibles qui pourraient être perçues, possiblement par erreur, comme des infrasons. Le bruit produit par l'air en interaction avec les pales tend à être un bruit à large bande, mais son amplitude est modulée à la fréquence des passages des pales (le nombre de pales multiplié par le taux de révolution), provoquant un « souffle » caractéristique. Le spectrographe inclus à la Figure 1 illustre le « souffle » mesuré près d'une éolienne Vestas V80 typique. Les diverses couleurs représentent la magnitude de pondération A du son en fonction du temps, sur l'axe horizontal, et la fréquence, sur l'axe vertical. Le spectrographe montre une fréquence de modulation d'amplitude d'environ 0,8 Hz, et illustre que le son de l'éolienne se remarquait le plus dans la plage de 250 à 1000 Hz. La Figure 2 présente un spectrographe semblable mesuré près d'une éolienne GE 1,5 MW.

On pourrait conclure à tort qu'un niveau sonore modulé à une fréquence de l'ordre d'un Hertz être de l'infrason puisque que la fréquence de modulation est moins de 20 Hz. Cependant, dans ce cas, les ondes de pression sonore qu'on entend contiennent une vaste gamme de fréquences (large bande) avec un maximum de l'ordre de 1000 Hz; il n'y a que le niveau d'ensemble qui monte et descend à un taux à basse fréquence. La modulation à basse fréquence d'un son audible à large bande n'équivaut pas à la présence d'infrason.

D'autres phénomènes intéressants peuvent se produire quand plus d'une éolienne est près d'un point de réception. La fréquence de modulation peut changer et varier, puisqu'une paire d'éoliennes quelconque n'a pas à tourner à la même fréquence ni en phase. L'amplitude de la modulation peut aussi varier si le son des éoliennes commence à battre ensemble.

L'amplitude de la modulation ne rend pas le son plus fort, mais d'après la recherche psychoacoustique¹⁷ la force sonore perçue ou subjective augmente relativement au niveau de l'amplitude de la modulation et cet effet est spécialement remarquable pour des fréquences de

modulation centrées près de 4 Hz. Donc, on peut s'attendre à ce que le « souffle » audible augmente la conscience du bruit des éoliennes, et puisse potentiellement augmenter la nuisance ressentie par quelqu'un.

Les niveaux sonores audibles près des éoliennes sont, au pire, comparables avec les niveaux sonores que connaissent le vaste segment de la population canadienne qui vit près de moyens de transport et, en fait, le bruit audible d'une suite d'automobiles qui passe sur une chaussée peut aussi présenter les mêmes caractéristiques d'amplitude modulée. Il y a un ample corpus de recherche indiquant que les sons audibles à ce niveau ne sont nullement préoccupants.

5. CONCLUSIONS

L'infrason est un « phénomène ondulatoire de la même nature physique que le son, mais possédant des fréquences sous la gamme de l'audition humaine », quoiqu'il puisse être perçu jusqu'à un certain point si les niveaux sont suffisamment élevés. HGC Engineering a évalué l'infrason en relation avec les éoliennes.

En fonction de l'exposition humaine à l'infrason, conserver des niveaux sonores à pondération G dans la plage de 85 dBG ou moins est approprié pour garantir qu'il n'y ait pas d'impact défavorable. Les éoliennes peuvent générer de l'infrason, mais souvent les niveaux de l'infrason près des éoliennes sont semblables aux niveaux d'infrason ambiant qui prévalent dans l'environnement naturel à cause du vent, des vagues et des sources industrielles et des transports. Des études réalisées près des parcs éoliens canadiens, ainsi que l'expérience internationale, suggèrent que les niveaux d'infrason près des éoliennes modernes, avec des puissances nominales communes dans les parcs éoliens à large échelle sont en général imperceptibles pour les humains, que ce soit par des mécanismes auditifs ou non. De plus, il n'y a aucune évidence d'effets indésirables pour la santé dus à l'infrason des éoliennes.

Le son audible des éoliennes a un « souffle » audible caractéristique, qui est essentiellement du bruit à large bande de plus haute fréquence dont l'amplitude est modulée à basse fréquence. Ce bas taux de modulation ne devrait pas être identifié par erreur comme de l'infrason, quoique ce bruit peut augmenter la force sonore subjective et le sentiment de nuisance potentiel.

Somme toute, bien que l'infrason peut être généré par les éoliennes, la conclusion s'impose : l'infrason n'est pas une préoccupation pour la santé des résidents avoisinants.

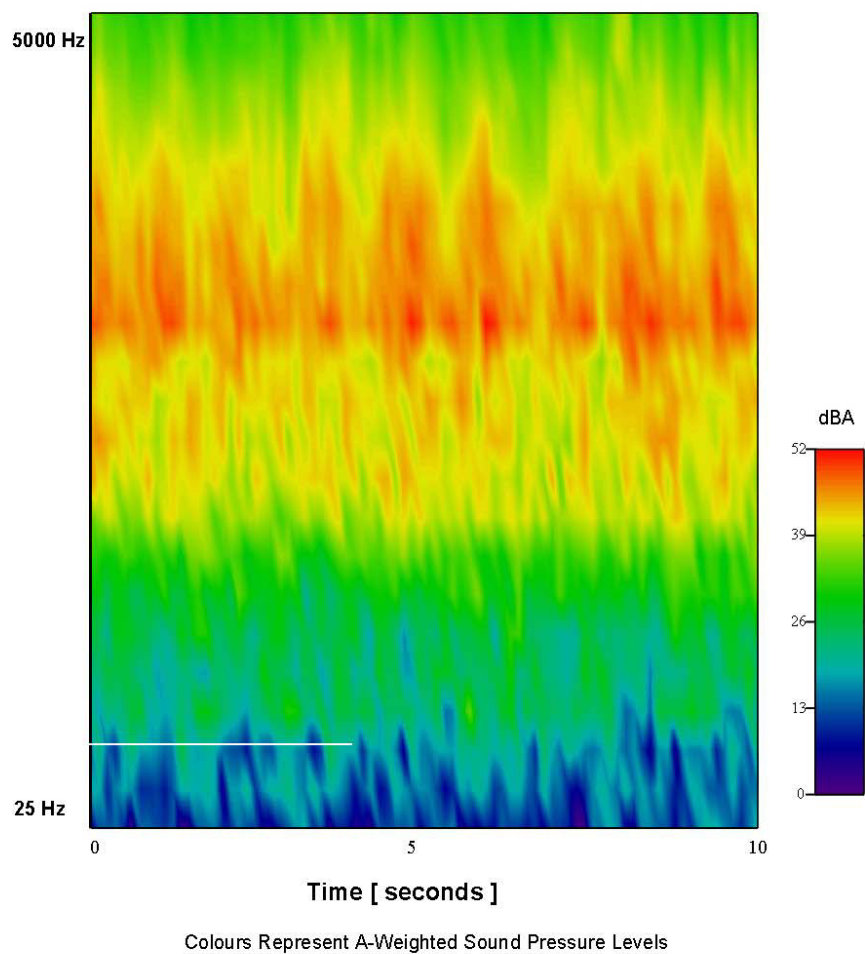
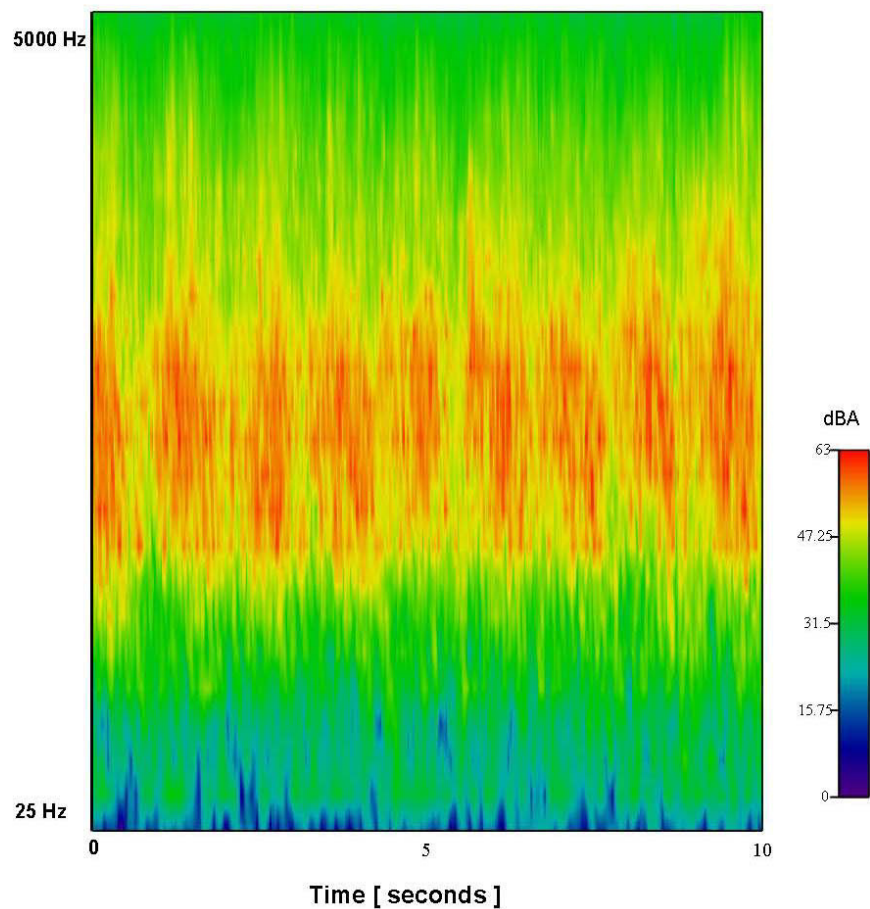


Figure 1 : Spectrogramme des niveaux de pression acoustique mesurés près d'une éolienne Vestas 1,8 MW



Colours Represent A-Weighted Sound Pressure Levels

Figure 2 : Spectrogramme des niveaux de pression acoustique mesurés près d'une éolienne Vestas 1,5 MW

- ¹ Keller, James. "Silent sound of the wind too strong for family." Toronto Star 13 November 2006: A7.
- ² Leventhall, Geoff. "Infrasound from Wind Turbines – Fact, Fiction or Deception." Canadian Acoustics 34,2 (June 2006).
- ³ Wind Turbine Generator Systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques. IEC 61400-11, 2002.
- ⁴ Acoustics – Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements. ISO 7196:1995(E), International Standards Organization, 1995.
- ⁵ Berglund, Birgitta and Hassmen, Peter. "Sources and effects of low-frequency noise." Acoustical Society of America. 99,5 (May 1996).
- ⁶ Watanabe, T., and Møller, H. (1990b): Low frequency hearing thresholds in pressure field and free field. Jnl Low Freq Noise Vibn 9, 106-115.
- ⁷ Rogers, Anthony L. Wind Turbine Noise, Infrasound and Noise Perception. University of Massachusetts, 18 January 2006.
- ⁸ Leventhall, G., Report for Department for Environment, Food and Rural Affairs. A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects. London, 2003.
- ⁹ Miljøstyrelsen, Information no. 9/1997 from the Danish Environmental Protection Agency. Orientering om lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø. 1997.
- ¹⁰ Kryter, Karl D. The Effects of Noise on Man, Second Edition. Florida: Academic Press Inc., 1985.
- ¹¹ Howe, Brian and McCabe, Nick. Environmental Noise Assessment Pubnico Point Wind Farm, Nova Scotia, August 2006
- ¹² Golec, M., et al (2005). Noise of Wind Power Turbine V80 in a Farm Operation. First International Meeting on Wind Turbine Noise: Perspectives for Control, October 17-18. Berlin.
- ¹³ Hepburn, Howard G. "Acoustic and Geophysical Measurement of Infrasound from Wind Farm Turbines." Canadian Acoustics 34,2 (June 2006).
- ¹⁴ Bass, Jeremy, et al. "Low Frequency Noise in Wind Turbines." The British Wind Energy Association.
- ¹⁵ The Noise Emissions Associated with Wind Farming in Australia. Australian Wind Energy Association, May 2004.
- ¹⁶ Bellhouse, George. Low Frequency Noise and Infrasound from Wind Turbine Generators. New Zealand: Bel Acoustic Consulting, 30 June 2004.
- ¹⁷ Zwicker, E., and Fastl H. Psychoacoustics: Facts and Models. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990.