



## Éoliennes et santé

Karen Rideout, Ray Copes, Constance Bos

### Résumé

- Bruit et son à basse fréquence. Le niveau sonore associé aux éoliennes qui respectent les marges de recul résidentielles courantes n'est pas suffisant pour endommager l'ouïe, mais peut causer une nuisance et perturber le sommeil.
- Champs électromagnétiques. Les éoliennes ne constituent pas une source importante d'exposition aux champs électromagnétiques.
- Effet stroboscopique. L'ombre produite par les rotors d'éoliennes peut être dérangement, mais il est improbable qu'elle cause des crises d'épilepsie lorsque les rotors fonctionnent aux vitesses normales de 30 à 60 tr/min.
- Projection de glace et bris de structure. Les risques de blessures peuvent être réduits par des marges de recul de 200 à 500 m et par la mise en oeuvre de procédures d'interruption lorsque les conditions sont propices à la formation de glace.

### Introduction

Les éoliennes sont de grandes tours munies de pales qui utilisent l'énergie du vent pour produire de l'électricité (figure 1); un parc éolien est un ensemble d'éoliennes. En 2009, les parcs éoliens produisaient 3 249 MW, soit 1,1 % de la consommation d'électricité au Canada. La plupart des provinces envisagent d'accroître considérablement leur production d'énergie éolienne au cours des cinq à dix prochaines années.

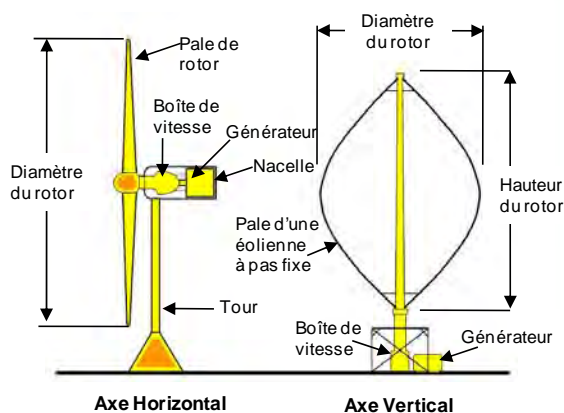


Figure 1. Configuration typique d'une éolienne<sup>1</sup>

### Éolienne et santé

On attribue aux éoliennes une variété de symptômes, y compris des étourdissements, des problèmes de sommeil et des maux de tête<sup>2</sup>. Le présent document résume les rapports de recherche disponibles concernant les effets possibles des éoliennes sur la santé des résidents qui habitent à proximité (tableau 1).

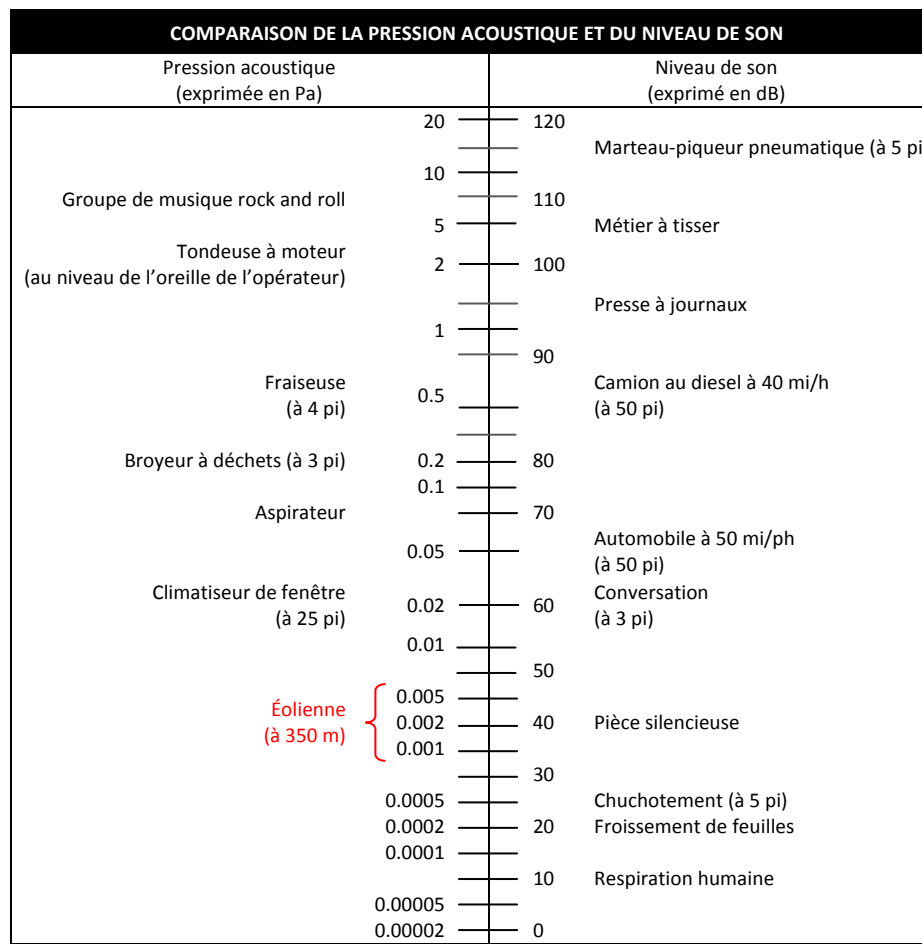
### Son et bruit

Le bruit des éoliennes provient du mouvement des pièces mécaniques situées près de la coque centrale (la nacelle) ou du déplacement d'air causé par les pales en mouvement. Les éoliennes produisent un bruit à large bande et un bruit tonal (hauteur tonale distincte)<sup>3</sup>. De 300 à 350 m, le niveau sonore associé aux grandes éoliennes varie normalement de 35 à 50 dBA, ce qui est comparable au bruit de fond dans un environnement intérieur (figure 2)<sup>3,4</sup> et n'est pas suffisamment élevé pour endommager l'ouïe<sup>5</sup>.

Le bruit est défini comme un son indésirable et sa perception diffère selon la personne et l'endroit. On a associé le bruit provenant des éoliennes aux interruptions de sommeil chez des résidents habitant à moins de 2,5 km d'une éolienne, particulièrement lorsque les niveaux sonores sont supérieurs à 45 dBA la nuit<sup>8</sup>; cependant, beaucoup de personnes disent être dérangées par le bruit des éoliennes lorsque le niveau sonore extérieur est inférieur à 40 dBA<sup>9, 10</sup>. On peut trouver le son des éoliennes plus dérangeant que des sons stables ou du bruit blanc quand il y a modulation aérodynamique (sifflement)<sup>11</sup>. Des études menées en Suède et aux Pays-Bas ont établi des

relations dose-réponse entre les niveaux mesurés de dBA, la perception du son et la nuisance<sup>8, 9, 12, 13</sup>. L'association entre la pression acoustique et la perception du son est plus forte que l'association entre la pression acoustique et la nuisance sonore<sup>12, 13</sup>. La nuisance sonore d'une éolienne est aussi modifiée par la perception visuelle<sup>9, 10, 12, 14</sup>, la croyance selon laquelle les éoliennes sont dérangeantes<sup>10, 15</sup> et l'absence d'avantages économiques directs<sup>8, 12</sup>. Elle est aussi plus courante dans les régions rurales et dans les paysages complexes que dans les paysages plats<sup>14</sup>.

**Figure 2.** Comparaison de la pression acoustique (exprimée en Pa) et du niveau de son (exprimé en dB) (d'une éolienne par rapport à d'autres sources)



Source : Adaptation autorisée par le CCHST6 en collaboration avec l'AWEA4 et la GRC7

## Sons à basse fréquence, vibrations et infrasons

Des préoccupations ont été soulevées relativement à l'exposition humaine aux sons à basse fréquence que

produisent les éoliennes. Le son à basse fréquence est normalement défini comme étant inférieur à 200 Hz et l'infrason, inférieur à 20 Hz. Même si le son à basse fréquence est audible<sup>16</sup>, l'oreille humaine est surtout sensible aux sons dont la fréquence varie de 1 000 à 20 000 Hz, ce qui correspond à la gamme des

fréquences de la voix humaine. Le son à basse fréquence de bas niveau est présent partout dans l'environnement (par ex., le vent), ce qui pose des difficultés supplémentaires aux représentants de la santé publique, car ils peuvent difficilement le mesurer et l'attribuer précisément aux éoliennes<sup>17, 21</sup>.

Au Danemark, la limite associée aux infrasons dans un environnement intérieur est de 85 dBG<sup>a</sup>, juste sous le seuil d'audition moyen<sup>19</sup>. Schust<sup>22</sup> fournit un examen détaillé d'études expérimentales faisant état de douleurs aux oreilles, de sensations de vibrations, de répercussions sur la respiration et d'une réponse motrice retardée attribuables aux sons à basse fréquence de plus de 80 dB. Les sons à basse fréquence et les infrasons provenant des éoliennes face au vent<sup>b</sup> ont des fréquences moins élevées, lesquelles se situent normalement entre 50 et 70 dB<sup>19, 20</sup>. Une faible augmentation du niveau sonore d'une basse fréquence peut entraîner une forte augmentation du bruit perçu et peut être difficile à ignorer, et ce, même à des niveaux de pression acoustique relativement faibles<sup>17, 23, 24</sup>, ce qui peut accroître l'irritation (par ex., on note des plaintes à 55 dBA lorsqu'il y a une composante appréciable de basse fréquence<sup>17</sup>).

## Champs électromagnétiques

Les champs électromagnétiques (CEM) à proximité des éoliennes peuvent provenir des lignes de raccordement au réseau, des générateurs des éoliennes, des transformateurs électriques et des câbles de réseau souterrains<sup>25-27</sup>. Les lignes de raccordement au réseau sont semblables à d'autres lignes électriques et émettent de faibles CEM comparables à ceux des appareils ménagers. Les générateurs des éoliennes sont à l'intérieur de la coque centrale, laquelle est située à une hauteur de 60 à 100 m du sol, et émettent donc peu de CEM au niveau du sol<sup>26</sup>. L'intensité des CEM émis par les transformateurs est la plus élevée dans le parc éolien lui-même. Les câbles souterrains qui raccordent les éoliennes n'émettent en fait aucun CEM en surface en raison de la proximité des conducteurs de phase et du filtrage des câbles<sup>25, 26</sup>. Les éoliennes ne sont donc pas

<sup>a</sup> dBG : unité de fréquence conçue spécifiquement pour mesurer les infrasons (1–20 Hz).

<sup>b</sup> L'éolienne au vent, qui a la configuration moderne courante, est celle dont le rotor est situé devant l'éolienne par rapport au vent. Les anciennes éoliennes « sous le vent » émettaient beaucoup plus de basses fréquences et d'infrasons.

considérées comme une source importante d'exposition aux CEM.

## Effet stroboscopique

L'effet stroboscopique se produit quand les pales de l'éolienne tournent lors de journées ensoleillées, projetant au sol des ombres mouvantes qui font alterner l'intensité de la lumière. Le rythme, l'intensité et l'emplacement de ces ombres varient selon la taille et la forme de l'éolienne, les caractéristiques du paysage, la latitude, la température et la disposition du parc éolien. L'effet stroboscopique est le plus important lorsque l'orientation du vent est parallèle à une ligne droite entre le soleil, l'éolienne et un objet et lorsque le soleil est bas sur l'horizon<sup>3, 28</sup>. Une étude suédoise a conclu que la nuisance était plus étroitement associée au fait que l'effet stroboscopique se produisait lorsque les gens étaient à la maison qu'à la durée pendant laquelle on pouvait voir les ombres<sup>29</sup>.

Environ 3 pour 100 des personnes atteintes d'épilepsie sont photosensibles, généralement à un effet stroboscopique dont la fréquence varie entre 5 et 30 Hz<sup>30</sup>. Afin d'éviter que l'effet stroboscopique atteigne cette fréquence, il faut programmer les pales pour qu'elles cessent de fonctionner lorsque leur vitesse de rotation dépasse 3 Hz (60 tr/min pour une éolienne à trois pales). La plupart des éoliennes industrielles fonctionnent à une vitesse de 30 à 60 tr/min<sup>31</sup>. Bien que ces ombres mouvantes ne soient pas elles-mêmes dangereuses, elles peuvent néanmoins distraire un conducteur de véhicule<sup>3</sup>.

## Projection de glace

De la glace peut se former sur les éoliennes par temps froid ou couvert ou lorsqu'il y a des précipitations ou un épais brouillard. Les pales tournantes peuvent projeter des fragments de glace ou ceux-ci peuvent se détacher et tomber au sol<sup>32, 33</sup>. Les projections de glace représentent un danger potentiellement grave pour le public, car les fragments peuvent être projetés loin de l'éolienne. En revanche, les fragments de glace qui se détachent des éléments stationnaires sont plus dangereux pour le personnel d'entretien qui travaille près des éoliennes.

Deux types de glace peuvent se former sur les pales d'une éolienne. Le verglas, qui est lisse, transparent et très adhésif, se forme lorsque l'humidité entre en contact avec des surfaces dont la température est inférieure à 0 °C (p. ex. tempête de verglas à faible élévation). Le

verglas tombe normalement peu après sa formation. Le givre, qui est granulaire et opaque, se forme à des températures plus froides et adhère moins bien aux surfaces. Il est parfois projeté des éoliennes en mouvement, mais se brise alors souvent en petits morceaux<sup>33-35</sup>. Selon une étude menée en Europe, les fragments de glace qui se détachent des pales d'éolienne pèsent entre 0,1 et 1,0 kg et tombent à environ 15 à 100 m de la base de l'éolienne<sup>33</sup>. Des rapports découlant d'approximativement 1 000 inspections d'une seule éolienne en Ontario effectuées entre 1995 et 2001 ont relevé 13 épisodes d'accumulation de glace. À chaque épisode, des fragments allant jusqu'à 30 x 30 x 5 cm ont été trouvés sur le sol, la plupart dans les 100 m de l'éolienne<sup>32</sup>.

La quantité de glace qui s'accumule ou qui est projetée dépend de plusieurs facteurs : les conditions climatiques, la vitesse du vent, les caractéristiques opérationnelles des éoliennes, l'orientation des pales par rapport aux personnes ou aux structures, les dimensions de l'éolienne, le terrain et des facteurs structuraux tels que le revêtement antiadhésif ou la couleur foncée (absorbe la chaleur) des pales<sup>32, 33, 35</sup>. Afin de réduire les risques, on peut interrompre le fonctionnement de l'éolienne, automatiquement ou manuellement, lorsque les conditions sont propices à la formation de glace, puis la remettre en marche lorsqu'il n'y a plus de glace sur les pales<sup>33</sup>.

## Principales lacunes dans les données probantes

- Effets à long terme sur la santé de l'exposition à des sons à basse fréquence de faible niveau.
- Méthodes pratiques de mesure pour attribuer le son spécifiquement aux éoliennes.
- Répercussions du son des éoliennes sur la physiologie du sommeil.
- Risques de projection de glace dans les régions où le verglas est courant (la plupart des recherches ont porté sur le givre).
- Recherches pour mesurer l'efficacité des marges de recul actuellement utilisées pour prévenir les blessures.

- Données épidémiologiques pour évaluer l'état de santé avant et après l'implantation d'un parc éolien.

## Dangers liés aux structures

Dans les cas documentés de bris de pale d'éolienne, la distance de projection maximale rapportée était de 150 m pour une pale entière et de 500 m pour un fragment de pale. Un manuel néerlandais basé sur des données disponibles entre 1980 et 2001 (Braam, cité dans le manuel<sup>32</sup>) précisait que le risque de bris partiel d'une pale était de 1 sur 4 000 éoliennes par année et que le risque de bris d'une pale entière variait entre 1 pour 2 400 et 1 pour 20 000 éoliennes par année, selon la vitesse du rotor. Des cas d'effondrement d'éoliennes et de bris de pales ont été signalés en Europe et aux États-Unis<sup>36, 37</sup>. Les bris de structure pouvant causer la mort, une surveillance étroite est essentielle<sup>36</sup>. D'autres blessures et décès liés aux éoliennes ont été signalés<sup>38, 39</sup>, dont la plupart étaient associés à des travailleurs durant la construction et à des accidents de transport.

Les éoliennes sont conçues de façon que les pales puissent supporter le poids de la glace, mais l'accumulation de glace et de neige peut contribuer à des bris de structure et nuire au rendement<sup>34, 40, 41</sup>. Même si la plupart des éoliennes sont conçues pour résister à des températures aussi basses que -20 à -40 C, les matériaux des structures peuvent être endommagés par le froid extrême<sup>41</sup>. Le froid peut faire craquer ou déformer les éléments en acier ou en matériaux composites, nuire à l'équipement électrique ou endommager les pièces mobiles de la boîte de vitesse<sup>35, 40</sup>, ce qui accroît le risque de bris de l'éolienne.

## Marges de recul et conditions de fonctionnement

Les marges de recul et les lignes directrices sur le fonctionnement peuvent être utilisées conjointement afin de réduire les risques pour la sécurité, les niveaux sonores, les problèmes d'aménagement du territoire et les répercussions sur les personnes (voir le tableau 2).

**Tableau 1. Sommaire des risques associés aux éoliennes et des mesures d'atténuation**

Risque	Sources possibles	Données probantes	Mesure d'atténuation
Son/bruit	Pièces mécaniques de l'éolienne ou mouvement des pales (aérodynamique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les niveaux sonores sont inférieurs aux limites relatives à la santé et à la sécurité.</li> <li>La nuisance et les perturbations du sommeil sont courantes aux niveaux sonores de 30 à 45 dBA.</li> <li>La perception du bruit est associée à la perception de l'impact visuel, à l'absence d'avantages économiques directs et aux attitudes négatives à l'égard des éoliennes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixer des règles sur les marges de recul et l'aménagement du territoire de façon à réduire les niveaux sonores et la propagation du son.</li> </ul>
Sons à basse fréquence Infrasons	Pièces mécaniques de l'éolienne ou mouvement des pales (aérodynamique)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Données probantes sur les effets sur la santé à des niveaux supérieurs à 80 dB.</li> <li>Données probantes insuffisantes concernant les niveaux produits par les éoliennes (&lt;70 dB).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Installer des éoliennes à rotor face au vent.</li> <li>Fixer des marges de recul pour réduire les niveaux sonores.</li> </ul>
CEM	Générateurs Lignes de raccordement au réseau Transformateurs Câbles souterrains	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'exposition des collectivités aux CEM des éoliennes.</li> <li>Pas d'émission en surface de CEM par les câbles souterrains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S/O</li> </ul>
Effet stroboscopique	Mouvement des pales quand le soleil est bas sur l'horizon	<ul style="list-style-type: none"> <li>La fréquence du clignotement est inférieure à la gamme des fréquences qui pourraient causer des crises d'épilepsie.</li> <li>Les clignotements sont plus susceptibles de causer une nuisance lorsque les gens sont à la maison.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Appliquer sur les pales des couleurs non réfléchissantes ou foncées.</li> <li>Maintenir une fréquence de clignotement inférieure à 3 Hz (60 tr/min pour une éolienne à 3 pales).</li> </ul>
Projection ou chute de glace	Chute de verglas ou de givre d'une éolienne stationnaire ou projection de verglas ou de givre des pales en mouvement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dangers physiques pour les personnes ou pour les véhicules qui circulent.</li> <li>La glace tend à tomber à la verticale, normalement bien à l'intérieur des marges de recul.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixer les marges de recul pour réduire les risques de blessures liées aux chutes de glace.</li> <li>Utiliser les contrôles opérationnels pour arrêter les éoliennes lorsque les conditions sont propices à la formation de glace.</li> </ul>
Bris de structure	Craquement ou effondrement des pales ou de la tour	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dangers physiques pour les personnes ou pour les véhicules qui circulent.</li> <li>Les bris sont rares et limités normalement à 500 m de la base.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fixer les marges de recul pour réduire les risques de blessure en cas de bris de structure.</li> </ul>

**Tableau 2. Exemples de lignes directrices et de règlements canadiens relatifs aux marges de recul des éoliennes\***

Raison	Limites/Lignes directrices				Commentaires	Source	
Son	Vitesse du vent $\leq 6$ m/s : <ul style="list-style-type: none"> <li>40 dBA, catégorie 3 (zone rurale)</li> <li>45 dBA, catégorie 1 (zone urbaine) et catégorie 2 (important centre avec nuits tranquilles)</li> </ul> Vitesse du vent de 10 m/s : <ul style="list-style-type: none"> <li>51 dBA</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Marge de recul minimale proposée de 550 m afin de garantir que le niveau sonore est inférieur à 40 dB au niveau du récepteur (défini comme étant le centre de l'habitation, ou 30 m à partir de la façade de l'habitation orientée vers l'éolienne, selon l'endroit où les répercussions du bruit sont les plus importantes).</li> <li>La distance dépend du niveau sonore et du nombre d'éoliennes.</li> <li>Les infrasons et les sons à basse fréquence perceptibles doivent faire l'objet d'une surveillance et de mesures d'atténuation.</li> </ul>	Ministère de l'Environnement de l'Ontario (NPC-232) <sup>42-44</sup>	
Son	NPA (dBA)	Nombre d'éoliennes			<ul style="list-style-type: none"> <li>Marges de recul proposées (septembre 2009) aux fins de la conformité aux limites d'exposition au bruit du ministère de l'Environnement de l'Ontario.</li> <li>Selon le nombre d'éoliennes dans le parc (5, 10 ou 25) et le niveau de pression acoustique (NPA) des éoliennes exprimé en dBA.</li> </ul>	Ministère de l'Environnement de l'Ontario <sup>45</sup>	
		5	10	25			
		102	550 m	650 m			750 m
		104	600 m	700 m			850 m
		105	850 m	1 000 m			1 250 m
	107	950 m	1 200 m	1 500 m			
Son	Vitesse du vent de 6–9 m/s : <ul style="list-style-type: none"> <li>40 dBA (la nuit, en zone rurale)</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Il faut évaluer les répercussions du bruit afin de déterminer l'incidence des projets énergétiques sur les habitations les plus touchées ou les plus près.</li> </ul>	Lignes directrices de l'Alberta <sup>46</sup>	
Son	Vitesse du vent 8–11 m/s : <ul style="list-style-type: none"> <li>40 dBA (zone résidentielle)</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>D'après une vitesse du vent à laquelle l'énergie est constante, normalement de 8 à 10 m/s. Sinon, on utilise 11 m/s.</li> </ul>	<i>Land use operational policy, wind power projects on Crown Land, Colombie-Britannique</i> <sup>46</sup>	
Son	<ul style="list-style-type: none"> <li>&lt;45 dBA au niveau du récepteur</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Lignes directrices proposées pour le Canada.</li> <li>Conçues pour respecter les recommandations de l'OMS concernant les niveaux sonores à l'intérieur, soit &lt;30 dBA pour les bruits de fond continus qui permettent une bonne nuit de sommeil (avec une atténuation de 20 dB par habitation).</li> </ul>	Keith et al. <sup>46</sup>	
Bris de structure	<ul style="list-style-type: none"> <li>De 150 m à 500 m</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Afin de réduire les risques de bris de pale.</li> </ul>	Garrad Hassan Canada Inc. <sup>32</sup>	
Projection de glace	<ul style="list-style-type: none"> <li>De 200 m à 250 m</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Afin de protéger contre les projections de glace.</li> </ul>	Morgan et al. <sup>33</sup>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De 230 m à 350 m</li> </ul>					Jacques Whitford <sup>37</sup>	
Sécurité sur les voies publiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 longueur de pale + 10 m d'une voie publique</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>Évaluation du risque nécessaire pour les tours situées à une distance de 50 à 200 m des voies publiques.</li> </ul>	CanWEA <sup>47</sup>	

Tableau 2 (suite)

Raison	Limites/Lignes directrices	Commentaires	Source
Sécurité physique	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 longueur de pale + 10 m de toute limite du terrain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour réduire le risque de chute de fragments de glace ou de pale.</li> <li>Des marges de recul ne sont pas nécessaires si les propriétaires acceptent la mesure proposée.</li> </ul>	

\*Les marges de recul des parcs éoliens du Canada sont souvent fixées par des règlements municipaux, lesquels sont trop nombreux pour être énumérés ici.

## Remerciements

Nous souhaitons remercier les personnes suivantes d'avoir examiné le présent document et d'avoir fourni de précieux commentaires : Allan Torng, Hugh Davies, Mark Durkee, Neal Michelutti et Robert Rippin. Mê-Linh Lê a contribué à la recherche.

## Références

- Environmental Protection Agency. Auxiliary and supplemental power fact sheet: Wind turbines. Office of Water; 2007 [cited 2010 Jan 7]. Available from [http://www.epa.gov/owm/mtb/wind\\_final.pdf](http://www.epa.gov/owm/mtb/wind_final.pdf).
- Pierpont N. Wind turbine syndrome. 2009 [cited 2009 Apr 15]. Available from: <http://www.windturbinesyndrome.com/>.
- National Research Council Committee on Environmental Impacts of Wind-Energy Projects. Environmental impacts of wind-energy projects. Washington, D.C.: National Academies Press; 2007.
- AWEA. Utility scale wind energy and sound. Washington, DC: American Wind Energy Association. 2009 [updated 2009 June 26; cited 2009 July 22]. Available from: [http://www.awea.org/pubs/factsheets/Utility\\_Scale\\_Wind\\_Energy\\_Sound.pdf](http://www.awea.org/pubs/factsheets/Utility_Scale_Wind_Energy_Sound.pdf).
- Colby WD, Dobie R, Leventhall G, Lipscomb DM, McCunney RJ, Seilo MT, et al. Wind turbine sound and health effects. An expert panel review: American Wind Energy Association & Canadian Wind Energy Association; 2009 [cited 2009 Dec 21]. Available from: [http://www.canwea.ca/pdf/talkwind/Wind\\_Turbine\\_Sound\\_and\\_Health\\_Effects.pdf](http://www.canwea.ca/pdf/talkwind/Wind_Turbine_Sound_and_Health_Effects.pdf).
- CCOHS. Noise - Basic information. Canadian Centre for Occupational Health and Safety. 2006 [updated 2006 Jan 9; cited 2009 July 22]. Available from: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/noise\\_basic.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/noise_basic.html).
- RCMP. Shooting ranges and sound. Ottawa, ON: Royal Canadian Mounted Police; 2007 [cited 2009 Nov 10]. Available from: [http://www.rcmp-grc.gc.ca/cfp-pcaf/information/club/snd\\_guide/SRAS/ShootingRangesSound.pdf](http://www.rcmp-grc.gc.ca/cfp-pcaf/information/club/snd_guide/SRAS/ShootingRangesSound.pdf).
- van den Berg F, Pedersen E, Bouma J, Bakker R. WINDFARM perception. Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents. 2008 [cited 2009 Aug 27]; FP6-2005-Science-and-Society-20, Specific Support Action, Project No. 044628: Available from: <http://www.wind-watch.org/documents/wp-content/uploads/wfp-final-1.pdf>.
- Pedersen E, Persson Wayne K. Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship. J Acoust Soc Am. 2004;116(6):3460-70.
- Pedersen E, Persson Wayne K. Wind turbines—low level noise sources interfering with restoration? Environ Res Lett. 2008;3:1-5.
- Moorehouse A, Hayes M, von Hünenbein S, Piper B, Adams M. Research into aerodynamic modulation of wind turbine noise: Final report: University of Salford; 2007 [cited 2009 June 10]. Contract No.: NANR233. Available from: <http://www.berr.gov.uk/files/file40570.pdf>.
- Pedersen E, van den Berg F, Bakker R, Bouma J. Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. J Acoust Soc Am. 2009;126(2):634-43.
- Pedersen E, Persson Wayne K. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. Occup Environ Med. 2007;64:480-6.
- Pedersen E, Larsman P. The impact of visual factors on noise annoyance among people living in the vicinity of wind turbines. J Env Psych. 2008;28:379-89.

15. Pedersen E, Hallberg LR-M, Waye KP. Living in the vicinity of wind turbines – A grounded theory study. *Qual Res Psych* 2007;4:49-63.
16. Moller H, Pedersen C. Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise Health*. 2004;6(23):37-57.
17. Berglund B, Hassmén P, Soames Job RF. Sources and effects of low-frequency noise. *J Acoust Soc Am*. 1996;99(5):2985-3002.
18. Guest H. Inadequate standards currently applied by local authorities to determine statutory nuisance from LF and infrasound. *J Low Freq Noise Vib Active Contr*. 2003;22(1):1-7.
19. Jakobsen J. Infrasound emission from wind turbines. *J Low Freq Noise Vib Active Contr*. 2005;24(3):145-55.
20. Leventhall G. Infrasound from wind turbines – fact, fiction or deception. *Can Acoust*. 2006;34(2):29-36.
21. Sienkiewicz Z. Rapporteur report: Roundup, discussion and recommendations. *Prog Biophys Mol Biol*. 2007;93(1-3):414-20.
22. Schust M. Effects of low frequency noise up to 100 Hz. *Noise Health*. 2004;6(23):73-85.
23. Berglund B, Lindvall T. Community noise. Stockholm: Center for Sensory Research; 1995 [cited 2009 Apr 21]. Available from: [www.appa-agf.net/filemanager/download/145/noise%20OMS.pdf](http://www.appa-agf.net/filemanager/download/145/noise%20OMS.pdf).
24. DeGagne DC, Lapka SD. Incorporating low frequency noise legislation for the energy industry in Alberta, Canada. *J Low Freq Noise Vib Active Contr*. 2008;27(2):105-20.
25. Sustainable Energy Australia (SEA) Pty. Ltd. The electromagnetic compatibility and electromagnetic field implications for wind farming in Australia. Melbourne and Canberra: Australian Greenhouse Office & Australian Wind Energy Association; 2004 [cited 2009 July 21]. Available from: [http://www.wind.appstate.edu/reports/BP10\\_EMC&EMF.pdf](http://www.wind.appstate.edu/reports/BP10_EMC&EMF.pdf).
26. Hydro Tasmania. Heemskirk Wind Farm - Development proposal and environmental management plan project summary. Hobart: Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment; 2003 [cited August 26 2009]. Available from: <http://www.environment.tas.gov.au/file.aspx?id=1773>.
27. Windrush Energy. The health effects of magnetic fields generated by wind turbines. Palgrave, ON: Windrush Energy; 2004 [cited 2009 Feb 17]. Available from: <http://www.windrush-energy.com/update%20Jul%2024/Appendix%20%20-%20Magnetic%20Field%20Survey/Magnetic%20Field%20Report.pdf>.
28. Danish Wind Energy Association. Shadow casting from wind turbines. Frederiksberg: Danish Wind Energy Association. 2003 [updated 2003 June 8; cited 2009 June 29]. Available from: <http://www.windpower.org/en/tour/env/shadow/index.htm>.
29. Bolton RH. Evaluation of environmental shadow flicker analysis for "Dutch Hill Wind Power Project." Rushville, NY: Industrial Wind Action Group; 2007 [cited 2009 Aug 31]. Available from: <http://www.windaction.org/?module=uploads&func=download&fileId=1136>.
30. Epilepsy Foundation. Photosensitivity and epilepsy. Epilepsy Foundation. n.d. [cited 2009 April 15]. Available from: <http://www.epilepsyfoundation.org/about/photosensitivity/index.cfm>.
31. Harding G, Harding P, Wilkins A. Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. *Epilepsia*. 2008;49(6):1095-8.
32. Garrad Hassan Canada Inc. Recommendations for risk assessments of ice throw and blade failure in Ontario. Contract report for Canadian Wind Energy Association (CanWEA); 2007 [cited 2009 Apr 22]. Contract No.: 38079/OR/01. Available from: [http://www.canwea.ca/images/uploads/File/GH-RiskAssessment-38079or01a\(1\).pdf](http://www.canwea.ca/images/uploads/File/GH-RiskAssessment-38079or01a(1).pdf).
33. Morgan C, Bossanyi E, Seifert H. Assessment of safety risks arising from wind turbine icing. BOREAS IV – Wind Energy Production in Cold Climate; 1998 Mar 31 - Apr 2; Hetta, Finland: Finnish Meteorological Institute; 1998. p. 113-21.
34. Bailey BH. The potential for icing of wind turbines in the northeastern US. *Windpower*; 1990 Sept 25-28; Washington, DC: American Wind Energy Association; 1990. p. 286-91.
35. Lacroix A, Manwell JF. Wind energy: Cold weather issues. Amherst: Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts; 2000 [cited 2009 Apr 23]. Available from: [http://www.hydro.mb.ca/regulatory\\_affairs/wuskwati/presentations/exhibits\\_1031b.pdf](http://www.hydro.mb.ca/regulatory_affairs/wuskwati/presentations/exhibits_1031b.pdf).
36. Ciang CC, Lee J-R, Bang H-J. Structural health monitoring for a wind turbine system: A review of damage detection methods. *Meas Sci Technol*. 2008;19(12).
37. Jacques Whitford. Model wind turbine by-laws and best practices for Nova Scotia municipalities. Halifax, NS: Union of Nova Scotia Municipalities; 2008 [cited 2009 Apr 21]. Contract No.: 1031581. Available from: <http://www.sustainability-unsm.ca/our-work.html>.

38. Caithness Windfarm Information Forum. Summary of wind turbine accident data to June 30th 2009. 2009 [updated 2009 June 30; cited 2009 July 23]. Available from: <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/page4.htm>.
39. Gipe P. Wind energy – The breath of life or the kiss of death: Contemporary wind mortality rates. Wind-Works.org. 2003 [cited 2009 July 23]. Available from: <http://www.wind-works.org/articles/BreathLife.html>.
40. Manitoba Hydro. Clarification of wind turbine cold weather considerations: Manitoba Hydro summary. Winnipeg: Manitoba Hydro; 2004 [cited 2009 Apr 21]. Available from: [http://www.hydro.mb.ca/regulatory\\_affairs/wuskwati/presentations/exhibits\\_1031.pdf](http://www.hydro.mb.ca/regulatory_affairs/wuskwati/presentations/exhibits_1031.pdf).
41. Durstewitz M, Dobesch H, Kury G, Laakso T, Ronsten G, Sääntti K. European experience with wind turbines in icing conditions. European Wind Energy Conference; 2004 Nov 22-25; London, UK. 2004.
42. Ontario Ministry of the Environment. Noise guidelines for wind farms: Interpretation for applying MOE NPC publications to wind power generation facilities. Ottawa: Ontario Ministry of the Environment; 2008 [cited 2009 Apr 21]. Available from: <http://www.ene.gov.on.ca/publications/4709e.pdf>.
43. Ontario Ministry of the Environment. Wind turbines – Proposed requirements and setbacks. Ottawa: Ontario Ministry of the Environment. 2009 [updated 2009 June 9; cited 2009 Aug 13]. Available from: <http://www.ene.gov.on.ca/en/news/2009/060901mb2.php>.
44. Ontario Ministry of the Environment. Proposed content for the renewable energy approval regulation under the Environmental Protection Act. Ottawa: Ontario Ministry of the Environment; 2009 [cited 2009 Nov 10]. Available from: [http://www.ene.gov.on.ca/envision/env\\_reg/er/documents/2009/010-6516.pdf](http://www.ene.gov.on.ca/envision/env_reg/er/documents/2009/010-6516.pdf).
45. Ontario Ministry of the Environment. Section 47.3 (1) Environmental Protection Act R.S.O. 1990. Development of noise setbacks for wind farms. Requirements for compliance with MOE noise limits. Ottawa: Ontario Ministry of the Environment; 2009 [cited 2009 Dec 7]. Available from: <http://www.ene.gov.on.ca/en/business/green-energy/docs/WindNoiseSetbacks.pdf>.
46. Keith SE, Michaud DS, Bly SHP. A proposal for evaluating the potential health effects of wind turbine noise for projects under the Canadian Environmental Assessment Act. J Low Freq Noise Vib Active Contr. 2008;27(4):253-65.
47. CanWEA. Canadian Wind Energy Association position on setbacks for large-scale wind turbines in rural areas (MOE Class 3) in Ontario. Ottawa, ON: Canadian Wind Energy Association; 2007 [cited 2009 Aug 31]. Available from: <http://www.canwea.ca/images/uploads/File/FINAL-CanWEAPositionOnSetbacks-2007-09-28.pdf>.

Le présent document a été produit par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE), basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique.

La révision de l'exactitude des termes techniques issus de la traduction de l'anglais vers le français du présent document a été réalisée par le Centre de recherche interdisciplinaire sur la biologie, la santé, la société et l'environnement (CINBIOSE) de l'Université du Québec à Montréal.

Il est permis de reproduire le présent document en entier seulement.

La production de ce document a été rendue possible grâce à une contribution financière provenant de l'Agence de la santé publique du Canada. Les vues exprimées ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Agence.

ISBN: 978-0-9812646-6-0

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2010.

400 East Tower  
555 W 12<sup>th</sup> Avenue  
Vancouver, BC V5Z 3X7

Tél.: 604-707-2445  
Télec.: 604-707-2444  
[contact@ccnse.ca](mailto:contact@ccnse.ca)



**National Collaborating Centre  
for Environmental Health**

**Centre de collaboration nationale  
en santé environnementale**

**Pour nous faire part de vos commentaires sur ce document, nous vous invitons à consulter le site internet suivant: [http://www.ccnse.ca/fr/commentaires\\_du\\_document](http://www.ccnse.ca/fr/commentaires_du_document).**

**[www.ccnse.ca](http://www.ccnse.ca)**