



Éoliennes et santé

Patricia Fortin, 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 dérangeante, mais il est improbable qu'elle cause des crises d'épilepsie lorsque les rotors fonctionnent aux vitesses normales de 18 à 45 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, des panneaux de mise en garde ou un accès protégé 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 date de décembre 2012, les parcs éoliens produisaient 6 500 MW, soit environ 3,0 % de la consommation annuelle d'électricité au

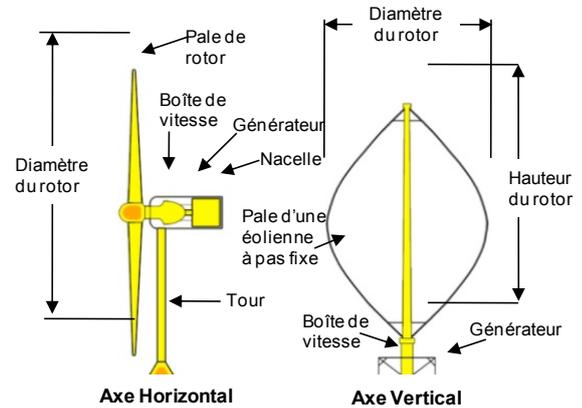


Figure 1. Configuration typique d'une éolienne¹

Canada. La plupart des provinces envisagent d'accroître considérablement leur production d'énergie éolienne au cours des cinq à dix prochaines années. Au Canada, les parcs éoliens se trouvent principalement dans les régions rurales partout au pays².

Le présent document est la mise à jour du premier examen diffusé en 2010 et résume les rapports de recherche disponibles publiés depuis 2009 jusqu'à janvier 2013 sur les caractéristiques des éoliennes qui peuvent avoir des effets sur la santé des résidents qui habitent à proximité (tableau 1).

Éolienne et santé

Des études de cas ont relevé une variété de plaintes pouvant être associées aux éoliennes, dont des plaintes concernant le bruit, des étourdissements, des problèmes de sommeil et des maux de tête³. Santé Canada a récemment commandé une étude visant à analyser le lien entre le bruit des éoliennes et les effets sur la santé en réponse aux questions soulevées par des résidents qui habitent près d'un parc éolien. Les résultats de cette étude seront publiés en 2014⁴.

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)⁵. 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)^{5,6} et n'est pas suffisamment élevé pour endommager l'ouïe.

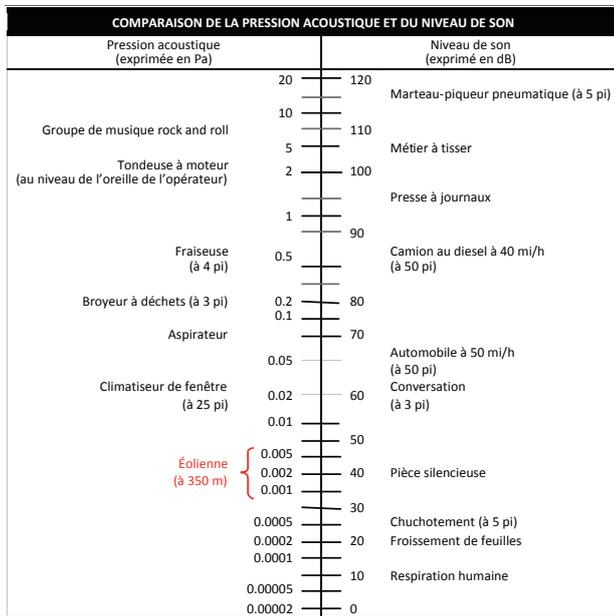


Figure 2. Comparaison de la pression acoustique et du niveau de son (d'une éolienne par rapport à d'autres sources)

Source : Adaptation autorisée par le CCHST en collaboration avec l'AWEA⁶ et la GRC⁹

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 nuit¹⁰; cependant, certaines personnes disent être dérangées par le bruit des éoliennes lorsque le niveau sonore extérieur est inférieur à 40 dBA^{11,12} et à des niveaux inférieurs à ceux d'autres sources de bruit environnemental. On peut trouver le son des éoliennes plus dérangeant que des sons stables ou du bruit blanc quand il y a modulation aérodynamique (sifflement)¹³. 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^{10,11,14,15}. Selon une analyse des données provenant de deux sondages menés en Suède et d'un sondage effectué aux Pays-Bas (n=1820), moins de 14 % de la population exposée aux éoliennes est fortement dérangée dans un environnement intérieur et moins de 29 % l'est à l'extérieur quand les niveaux d'émission, définis comme la concentration d'un polluant dans l'environnement et normalement synonyme d'exposition¹⁶, varient de manière irrégulière et imprévisible au plus haut niveau d'émission permis, soit 45 dBA¹⁷. La nuisance sonore d'une éolienne est aussi modifiée par la perception visuelle^{11,12,14,18}, la croyance selon laquelle les éoliennes sont dérangeantes^{12,15} et l'absence d'avantages économiques directs. Elle est aussi plus courante dans les régions rurales et dans les paysages complexes que dans les paysages plats¹⁸.

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 un son dont la fréquence se situe entre 20 Hz et 200 Hz et l'infrason, un son dont la fréquence est inférieure à 20 Hz. Même si le son à basse fréquence est audible¹⁹, 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).

L'infrason dont la fréquence est inférieure à 20 Hz a comme qualité subjective une tonalité moindre, est perçu comme étant plus discontinu et peut occasionner une sensation de pression sur le tympan. L'infrason dont la fréquence se situe entre 1 et 20 Hz est mesuré à l'aide de la courbe de pondération G; le seuil normal d'audition correspond, pour les sons purs, à des niveaux de 90 à 100 dBG. Les niveaux sonores pondérés G inférieurs à 90 dBG sont généralement considérés comme n'étant pas détectables par l'être humain²⁰. Toutefois, la mesure des infrasons pose des difficultés aux représentants de la santé publique, car ils peuvent difficilement être attribués précisément aux éoliennes^{21,22,23,24,25}.

Au Danemark, la limite associée aux infrasons dans un environnement intérieur est de 85 dBG, juste sous le seuil d'audition moyen²³. Schust²⁶ 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 dBG. Les sons à basse fréquence et les infrasons provenant des éoliennes face au vent¹ ont des fréquences moins élevées qui se situent normalement entre 50 et 70 dBG^{23,24}. La fréquence des bruits émis par de grandes éoliennes diminue selon que la taille de l'éolienne s'accroît. Donc, si un bruit a, à l'extérieur, un niveau sonore pondéré A (correction appliquée pour rendre compte de la sensibilité de l'oreille humaine aux basses fréquences) de 40 dBA, il est possible que des résidents soient dérangés par le bruit à basses fréquences, et ce, même à l'intérieur. 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^{21,27,28}, ce qui peut accroître l'irritation lorsqu'il y a une composante appréciable de basse fréquence²¹. On a suggéré que l'application d'une limite de 35 dBA à l'extérieur pour les grandes éoliennes peut réduire les problèmes²⁰.

Dans une étude récente menée en Australie, les niveaux d'infrason intérieurs et extérieurs ont été mesurés à sept endroits dans des zones urbaines et à quatre endroits dans des zones rurales, dont deux résidences situées à environ 1,5 km d'éoliennes. Les auteurs de l'étude ont conclu que les niveaux d'infrason en zone rurale semblaient dépendre des conditions locales liées au vent. Les niveaux sonores pondérés G dans les zones rurales, qu'ils aient été mesurés à proximité ou loin des éoliennes, n'étaient pas plus élevés que les niveaux mesurés dans les zones urbaines, où l'activité humaine et la circulation semblent constituer les principales sources d'infrason²⁹.

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^{30, 31, 32}. 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 sol³¹. L'intensité des CEM

^a 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.

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^{30,31}. Les éoliennes ne sont donc pas 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^{5,33}.

L'épilepsie touche approximativement 0,6 pour 100 de la population canadienne³⁴. On estime que moins de 5 pour 100 des personnes atteintes d'épilepsie sont photosensibles³⁵. Les épileptiques photosensibles sont généralement photosensibles à un effet stroboscopique dont la fréquence varie entre 5 et 30 Hz³⁵. Les pales des grandes éoliennes causent un effet stroboscopique à une fréquence de clignotement de 0,3 à 1 Hz et ont une vitesse de rotation inférieure à 3 Hz^{36,37}. Dans les petites éoliennes, la fréquence de l'effet stroboscopique est atteinte sur une ligne située entre l'observateur et la position du soleil dans le ciel³⁷. Afin d'éviter que l'effet stroboscopique atteigne la fréquence de photosensibilité, il faut programmer les pales pour qu'elles cessent de fonctionner lorsque leur vitesse de rotation dépasse 3 Hz (1 Hz = 60 tr/min, donc moins de 180 tr/min pour une éolienne à trois pales). Cependant, les grandes éoliennes fonctionnent à une vitesse de 18 à 45 tr/min (de 0,3 à 0,75 Hz), tandis que les petites fonctionnent généralement à une vitesse inférieure à 150 tr/min (2,5 Hz)³⁶.

Enfin, bien que ces ombres mouvantes ne soient pas elles-mêmes dangereuses, elles peuvent néanmoins distraire un conducteur de véhicule³⁵.

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^{38,39}. 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^{39,40,41}. 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'éolienne³⁹. 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 × 30 × 5 cm ont été trouvés sur le sol, la plupart dans les 100 m de l'éolienne³⁸. Les distances de projection de glace semblent donc être bien en deçà des marges de recul réglementaires de 550 mètres.

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^{38,39,41}. Afin de réduire les risques, on peut interrompre le fonctionnement de l'éolienne 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 pales³⁹.

Principales lacunes dans les données probantes

- Perturbations du sommeil et effets sur la santé de l'exposition à long terme à des sons à basse fréquence de bas niveau et d'infrason
- Normes et pratiques de mesure à l'extérieur pour attribuer le son spécifiquement aux éoliennes.
- Conception et marges de recul optimales pour éviter les effets sur la santé.
- Données épidémiologiques pour évaluer l'état de santé physique et psychologique 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 2001³⁸ 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^{42,43}. Comme les bris de structure peuvent causer la mort, une surveillance étroite est essentielle⁴². D'autres blessures et décès liés aux éoliennes ont été signalés^{44, 45}, 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^{40,46,47}. 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 extrême⁴⁷. 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^{41,46}, 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 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"> Les niveaux sonores sont inférieurs aux limites relatives à la santé et à la sécurité. La nuisance et les perturbations du sommeil peuvent se produire aux niveaux sonores de 40 à 45 dBA. La perception du bruit est associée à l'impact visuel, à l'absence d'avantages économiques directs et à la perception selon laquelle les éoliennes sont dérangeantes. | <ul style="list-style-type: none"> 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. |
| Sons à basse fréquence Infrasons | Pièces mécaniques de l'éolienne ou mouvement des pales (aérodynamique) | <ul style="list-style-type: none"> Données probantes sur les effets sur la santé à des niveaux supérieurs à 80 dB. Données probantes insuffisantes concernant les niveaux produits par les éoliennes (<70 dB). | <ul style="list-style-type: none"> Installer des éoliennes à rotor face au vent. Fixer des marges de recul pour réduire les niveaux sonores. |
| CEM | Générateurs Lignes de raccordement au réseau Transformateurs Câbles souterrains | <ul style="list-style-type: none"> Pas d'exposition des collectivités aux CEM des éoliennes. Pas d'émission en surface de CEM par les câbles souterrains. | <ul style="list-style-type: none"> S/O |
| Effet stroboscopique | Mouvement des pales quand le soleil est bas sur l'horizon | <ul style="list-style-type: none"> La fréquence du clignotement (de 0,5 à 1 Hz pour les grandes éoliennes) est inférieure à la gamme des fréquences qui pourraient causer des crises d'épilepsie. | <ul style="list-style-type: none"> Appliquer sur les pales des couleurs non réfléchissantes ou foncées. Maintenir une fréquence de clignotement inférieure à 3 Hz (<180 tr/min pour une éolienne à 3 pales). |
| 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"> Dangers physiques pour les personnes ou pour les véhicules qui circulent. La glace tend à tomber à la verticale, normalement bien à l'intérieur des marges de recul. | <ul style="list-style-type: none"> Fixer les marges de recul pour réduire les risques de blessures liées aux chutes de glace. Arrêter les éoliennes lorsque les conditions sont propices à la formation de glace. Utiliser des panneaux de mise en garde ou protéger l'accès afin de prévenir les personnes qui se trouvent dans la zone de risque. |

| Risque | Sources possibles | Données probantes | Mesure d'atténuation |
|-------------------|--|---|--|
| Bris de structure | Craquement ou effondrement des pales ou de la tour | <ul style="list-style-type: none"> Dangers physiques pour les personnes ou pour les véhicules qui circulent. Les bris sont rares et limités normalement à 500 m de la base. | <ul style="list-style-type: none"> Fixer les marges de recul pour réduire les risques de blessure en cas de bris de structure. Utiliser des panneaux de mise en garde ou protéger l'accès afin de prévenir les personnes qui se trouvent dans la zone de risque. |

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 ≤ 6 m/s : <ul style="list-style-type: none"> 40 dBA, catégorie 3 (zone rurale) 45 dBA, catégorie 1 (zone urbaine) et catégorie 2 (important centre avec nuits tranquilles) Vitesse du vent de 10 m/s : <ul style="list-style-type: none"> 51 dBA | | | | <ul style="list-style-type: none"> 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). La distance dépend du niveau sonore et du nombre d'éoliennes. Les infrasons et les sons à basse fréquence perceptibles doivent faire l'objet d'une surveillance et de mesures d'atténuation. | Ministère de l'Environnement de l'Ontario (NPC-232) ^{48, 49, 50} |
| Son | NPA (dBA) | Nombre d'éoliennes | | | <ul style="list-style-type: none"> 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. Selon le nombre d'éoliennes dans le parc (5, 10 ou 25) et le niveau de pression acoustique (NPA) des éoliennes exprimé en dBA. | Ministère de l'Environnement de l'Ontario ⁵¹ |
| | 1-5 | 6-10 | 11-25 | | | |
| | 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"> 40 dBA (la nuit, en zone rurale) | | | | <ul style="list-style-type: none"> 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. | Lignes directrices de l'Alberta ⁵² |
| Son | Vitesse du vent 8–11 m/s : <ul style="list-style-type: none"> 40 dBA (zone résidentielle) | | | | <ul style="list-style-type: none"> 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. | <i>Land use operational policy, wind power projects on Crown Land, Colombie-Britannique</i> ⁵² |

| Raison | Limites/Lignes directrices | Commentaires | Source |
|----------------------------------|--|---|---|
| Son | <ul style="list-style-type: none"> <45 dBA au niveau du récepteur | <ul style="list-style-type: none"> Lignes directrices proposées pour le Canada. Conçues pour respecter les recommandations de l'OMS concernant les niveaux sonores à l'intérieur, soit <30 dBA pour les bruits de fond continus qui permettent une bonne nuit de sommeil (avec une atténuation de 20 dB par habitation). | Keith et al. ⁵² |
| Bris de structure | <ul style="list-style-type: none"> De 150 m à 500 m | <ul style="list-style-type: none"> Afin de réduire les risques de bris de pale. | Garrad Hassan Canada Inc. ³⁸ |
| Projection de glace | <ul style="list-style-type: none"> De 200 m à 250 m | <ul style="list-style-type: none"> Afin de protéger contre les projections de glace. | Morgan et al. ³⁹ |
| | <ul style="list-style-type: none"> De 230 m à 350 m | | Jacques Whitford ⁴³ |
| Sécurité sur les voies publiques | <ul style="list-style-type: none"> 1 longueur de pale + 10 m d'une voie publique | <ul style="list-style-type: none"> Évaluation du risque nécessaire pour les tours situées à une distance de 50 à 200 m des voies publiques. | CanWEA |
| Sécurité physique | <ul style="list-style-type: none"> 1 longueur de pale + 10 m de toute limite du terrain | <ul style="list-style-type: none"> Pour réduire le risque de chute de fragments de glace ou de pale. Des marges de recul ne sont pas nécessaires si les propriétaires acceptent la mesure proposée. | |

*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 : Helen Ward, 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 Contract No.: EPA 832-F-05-013. http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2008_01_23_mtb_wind_final.pdf.
- canwea Canadian Wind Energy Association. Canadian wind farms. Ottawa: canwea; 2013 [cited 2013 Feb 13]. http://www.canwea.ca/farms/index_e.php.
- Ontario Chief Medical Officer of Health. The potential health impact of wind turbines. [Toronto]: CMOH; 2010 May. http://www.southpointwind.com/files/The_Potential_Health_Impact_of_Wind_Turbines_May_2010_Dr._Arlene_King.pdf
- Santé Canada. Exposition au bruit des éoliennes et effets sur la santé : Plan de recherche et évaluation de l'exposition au bruit. Ottawa: Santé Canada; 2013 [cited 13 fevr. 2013]. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/consult/2012/wind_turbine-eoliennes/research_recherche-fra.php.
- National Research Council Committee on Environmental Impacts of Wind-Energy Projects. Environmental impacts of wind-energy projects. Washington, D.C.: National Academies Press; 2007.
- American Wind Energy Association. Utility scale wind energy and sound. Washington, DC: AWEA; 2009 [updated 2009 June 26; cited 2009 July 22]. http://www.awea.org/learnabout/publications/upload/Utility-Scale-Wind-Sound-Fact-Sheet_WP11.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. http://www.canwea.ca/pdf/talkwind/Wind_Turbine_Sound_and_Health_Effects.pdf.
- CCOHS. Bruit en milieu de travail - Notions de base. Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail; 2006 [mise à jour 9 jan. 2006; cited 22 juil. 2009]. http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/noise_basic.html.
- Royal Canadian Mounted Police. Shooting ranges and sound. Ottawa, ON: Royal Canadian Mounted Police; 2007. http://www.rcmp-grc.gc.ca/cfp-pcaf/information/club/snd_guide/SRAS/ShootingRangesSound.pdf.

10. 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.: <http://www.wind-watch.org/documents/wp-content/uploads/wfp-final-1.pdf>.
11. 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.
12. Pedersen E, Persson Wayne K. Wind turbines—low level noise sources interfering with restoration? *Environmental Research Letters*. 2008;3:1-5.
13. Moorehouse A, Hayes M, von Hünerbein S, Piper B, Adams M. Research into aerodynamic modulation of wind turbine noise: final report: University of Salford; ; 2007 Contract No.: NANR233. <http://www.berr.gov.uk/files/file40570.pdf>.
14. Pedersen E, van den Berg F, Bakker R, Bouma J. Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2009;126(2):634-43.
15. Pedersen E, Persson Wayne K. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. *Occupational and Environmental Medicine*. 2007;64:480-6.
16. U.S. Department of Health & Human Services. National Library of Medicine. Environmental Health & Toxicology Specialized Information Services. IUPAC glossary of terms used in toxicology. Bethesda, MD: National Library of Medicine; 2013 [cited 2013 Feb 13]; <http://sis.nlm.nih.gov/enviro/iupacglossary/glossaryi.html>.
17. Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(6):3746-53.
18. 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.
19. Moller H, Pedersen C. Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise Health*. 2004;6(23):37-57.
20. Møller H, Pedersen CS. Low-frequency noise from large wind turbines. *The Journal of The Acoustical Society of America*. 2011;129(6):3727-44.
21. Berglund B, Hassmén P, Soames Job RF. Sources and effects of low-frequency noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 1996;99(5):2985-3002.
22. Guest H. Inadequate standards currently applied by local authorities to determine statutory nuisance from LF and infrasound. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*. 2003;22(1):1-7.
23. Jakobsen J. Infrasound emission from wind turbines. *J Low Freq Noise Vib Active Contr*. 2005;24(3):145-55.
24. Leventhall G. Infrasound from wind turbines - fact, fiction or deception. *Can Acoust*. 2006;34(2):29-36.
25. Sienkiewicz Z. Rapporteur report: roundup, discussion and recommendations. *Prog Biophys Mol Biol*. 2007;93(1-3):414-20.
26. Schust M. Effects of low frequency noise up to 100 Hz. *Noise Health*. 2004;6(23):73-85.
27. Berglund B, Lindvall T. Community noise. Stockholm: Center for Sensory Research; 1995. www.appa-agf.net/filemanager/download/145/noise%20OMS.pdf.
28. 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.
29. Evans T, Cooper J, Lenchine V. Infrasound levels near windfarms and in other environments. Adelaide, South Australia: Environment Protection Authority; 2013 Feb 15. http://www.epa.sa.gov.au/xstd_files/Noise/Report/infrasound.pdf.
30. 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. <http://www.wind.appstate.edu/reports/BP10 EMC&EMF.pdf>.
31. Hydro Tasmania. Heemskirk Wind Farm - Development proposal and environmental management plan project summary. Hobart: Department of Primary Industries, Parks, Water and Environment; 2003. <http://www.environment.tas.gov.au/file.aspx?id=1773>.
32. Windrush Energy. The health effects of magnetic fields generated by wind turbines. Palgrave, ON: Windrush Energy; 2004. <http://www.windrush-energy.com/update%20Jul%2024/Appendix%20D%20-%20Magnetic%20Field%20Survey/Magnetic%20Field%20Report.pdf>.
33. Danish Wind Energy Association. Shadow casting from wind turbines. Frederiksberg: Danish Wind Energy Association; 2003 [updated 2003 June 8; cited 2009 June 29]; <http://www.heliosat3.de/e-learning/wind-energy/windpowr.pdf>
34. Épilepsie Canada. Tableau de l'épilepsie. Toronto Ont.: Épilepsie Canada; 2013 [cited 13 fevr. 2013]; <http://www.epilepsy.ca/fr-CA/Faits/Tableau-de-l-epilepsie.html>.

35. Epilepsy Foundation. Shedding light on photosensitivity, one of epilepsy's most complex conditions. Landover, MD Epilepsy Foundations; 2013 [cited 2013 Feb 13]; <http://www.epilepsyfoundation.org/aboutepilepsy/seizures/photosensitivity/gerba.cfm>.
36. Gadawski A, Lynch G. The real truth about wind energy; a literature review on wind turbines in Ontario. Ottawa ON: Sierra Club Canada; 2011. http://www.caw.ca/assets/pdf/Turbine_Safety_Report.pdf.
37. Smedley AR, Webb AR, Wilkins AJ. Potential of wind turbines to elicit seizures under various meteorological conditions. *Epilepsia*. 2010;51(7):1146-51.
38. 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 Contract No.: 38079/OR/01. [http://www.canwea.ca/images/uploads/File/GH-RiskAssessment-38079or01a\(1\).pdf](http://www.canwea.ca/images/uploads/File/GH-RiskAssessment-38079or01a(1).pdf).
39. 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.
40. 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.
41. Lacroix A, Manwell JF. Wind energy: Cold weather issues. Amherst: Renewable Energy Research Laboratory, University of Massachusetts; ; 2000. http://www.hydro.mb.ca/regulatory_affairs/wuskwatim/presentations/exhibits_1031b.pdf.
42. 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).
43. Jacques Whitford. Model wind turbine by-laws and best practices for Nova Scotia municipalities. Halifax, NS: Union of Nova Scotia Municipalities; ; 2008 Contract No.: 1031581. <http://www.sustainability-unsm.ca/our-work.html>.
44. Caithness Windfarm Information Forum. Summary of wind turbine accident data to June 30th 2009. 2009 [updated 2009 June 30; cited 2009 July 23]; <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/page4.htm>.
45. 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]; <http://www.wind-works.org/articles/BreathLife.html>.
46. Manitoba Hydro. Clarification of wind turbine cold weather considerations: Manitoba Hydro summary. Winnipeg: Manitoba Hydro; 2004. http://www.hydro.mb.ca/regulatory_affairs/wuskwatim/presentations/exhibits_1031.pdf.
47. 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.
48. Ontario ministère de l'environnement. « Noise Guidelines For Wind Farms – Interpretation For Applying MOE NPC Publications To Wind Power Generation Facilities (En anglais seulement) ». Ottawa: Ontario ministère de l'environnement; 2008. http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@ene/@resources/documents/resource/std01_079435.pdf.
49. Ontario ministère de l'environnement. Document d'information : Éoliennes - exigences et marges de retrait proposées. Ottawa: Ontario ministère de l'environnement; 2009 [mise à jour 14 fevr. 2013; cited 13 août 2009]; <http://news.ontario.ca/moe/fr/2009/06/document-dinformation-eoliennes---exigences-et-marges-de-retrait-proposees.html>.
50. Ontario ministère de l'environnement. « Proposed content for the renewable energy approval regulation under the Environmental Protection Act ». Ottawa: Ontario ministère de l'environnement; 2009. http://www.ene.gov.on.ca/envision/env_reg/er/documents/2009/010-6516.pdf.
51. Ontario ministère de l'environnement. « 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 ». Ontario ministère de l'environnement; 2009. http://www.ene.gov.on.ca/stdprodconsume/groups/lr/@ene/@resources/documents/resource/stdprod_080767.pdf.
52. 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.

Le présent document a été produit en janvier 2010 et révisé en février 2013 par le Centre de collaboration nationale en santé environnementale, basé au Centre de contrôle des maladies de la Colombie-Britannique.

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 par l'intermédiaire du Centre de collaboration nationale en santé environnementale.

ISBN: 978-0-9812646-6-0

© Centre de collaboration nationale en santé environnementale, 2013.

200 – 601 West Broadway
Vancouver, BC V5Z 3J2

tél. : 604-829-2551

contact@ccnse.ca



National Collaborating Centre
for Environmental Health

Centre de collaboration nationale
en santé environnementale

[Pour soumettre des commentaires sur ce document, allez sur le site](http://www.ccnse.ca/fr/commentaires_du_document)

http://www.ccnse.ca/fr/commentaires_du_document

www.ccnse.ca