

L'effet des éoliennes sur le bétail et les autres animaux



Par Jean-Philippe Parent
jean-philippe.parent.2@ulaval.ca
5 avril 2007

Sommaire exécutif

Le présent rapport est une revue de littérature sur les impacts des éoliennes sur le bétail et les autres animaux. La littérature utilisée a été autant des articles scientifiques que des sources non-scientifiques comme des rapports gouvernementaux. La recherche a été faite à l'aide de bases de données et de Google Scholar pour la littérature scientifique. La littérature sur les éoliennes est très présente mais il n'y a pratiquement aucune littérature sur ses effets sur le bétail. Les différentes caractéristiques des éoliennes sur terre et au large sont rapportées.

Cette revue de littérature a permis de démontrer que les champs magnétiques émis par les éoliennes n'auraient pas d'impacts sur les animaux. Les éoliennes sont trop loin et les champs sont trop faibles pour affecter les animaux. Le bruit émis par des champs d'éoliennes ne dérangerait pas non plus le bétail puisque l'intensité sonore ne serait que d'environ 40 dB selon les normes actuelles. De plus, puisque les animaux de ferme au Québec sont principalement élevés à l'intérieur de bâtiments, l'impact sonore est encore moindre. Les infrasons ne semblent pas non plus avoir un impact significatif. Ils sont à des intensités trop faibles selon la littérature scientifique actuelle pour affecter le bétail. L'effet stroboscopique causé par le mouvement des lames lors des journées ensoleillées n'aurait pas non plus d'impact si les éoliennes sont installées de façon à minimiser cet effet. De plus, cet effet ne se fera même pas sentir pour la majorité des animaux logés à l'intérieur. Par contre, dans tous les champs d'impact rapportés dans le présent rapport, il y a des résultats contradictoires.

Une petite partie de du rapport rapporte la littérature sur l'impact des éoliennes au large sur les poissons et mammifères marins. Les impacts sonore et électromagnétique semblent négligeables selon les résultats de la littérature scientifique. Par contre, il y a des résultats contradictoires ici aussi.

En conclusion, des études précises sur l'impact des éoliennes sur le bétail seraient nécessaires. Ces études devraient aussi être divisées en deux volets : une partie pour les élevages à l'intérieur et une autre pour les élevages au pâturage, puisque ces deux modes de production, s'ils sont affectés, ne subiront pas le même impact des éoliennes.

Table des matières

1. Introduction.....	4
2. Méthodologie.....	4
3. Caractéristiques des éoliennes.....	4
3.1 Éoliennes sur terre.....	4
3.2 Éoliennes au large.....	5
3.3 Réduction sonore.....	6
4. Les effets des champs électromagnétiques.....	7
5. Les effets du bruit.....	10
5.1 Les effets du bruit sur le bétail.....	11
5.2 Les effets du bruit sur l'humain.....	13
5.3 Les effets du bruit sur les oiseaux.....	14
5.4 Les effets du bruit sur les poissons et les mammifères marins.....	15
6. Les effets des infrasons.....	17
6.1 Les effets des infrasons sur le bétail.....	18
6.2 Les effets des infrasons sur l'humain.....	19
7. Effet Stroboscopique.....	21
8. Risque de collisions.....	22
8.1 Collisions chez les oiseaux.....	22
8.2 Collisions chez les chauves-souris.....	22
8.3 Collisions chez les abeilles.....	23
9. Conclusion.....	24
10. Référence des ressources les plus pertinentes.....	25
11. Bibliographie.....	26

1. Introduction

L'implantation de parcs éoliens sur des sols agricoles amène certaines contraintes à la pratique des activités agricoles. Il convient de minimiser celles-ci par un modèle d'implantation adapté aux pratiques agricoles. Les effets de l'exploitation de parcs éoliens sur les différents types d'élevages et sur les ressources halieutiques semblent peu documentés ou peu accessibles. De l'information pertinente est nécessaire afin d'orienter le gouvernement dans les mesures à prendre pour l'aménagement du territoire rural et ce, de façon à assurer un développement harmonieux des parcs éoliens avec les différents types d'élevage présents au Québec. Le présent rapport fera une revue de littérature sur les différents impacts que peuvent avoir les éoliennes : les champs électromagnétiques, le bruit, les infrasons, l'effet stroboscopique et les risques de collisions

2. Méthodologie

Pour la production de ce rapport, une longue revue de littérature a été nécessaire. Elle a été faite à l'aide de sources scientifiques et non-scientifiques provenant des différents pays producteurs d'énergie éolienne. Les articles scientifiques ont été cherchés à l'aide de bases de données : Web of Science, Agricola, PubMed, CAB, Biosis. Un autre outil a été utilisé pour la recherche de littérature primaire : Google Scholar (<http://scholar.google.com/>). La littérature non-scientifique quant à elle a été trouvée sur des sites gouvernementaux, de regroupement d'industriels et d'opposants au développement éolien. Le rapport a été lu et commenté par Dr Renée Bergeron, Ph.D., agr.

3. Caractéristiques des éoliennes

Il est essentiel de fournir quelques détails de base sur les éoliennes avant de commencer cette revue de littérature.

3.1 Éoliennes sur terre ou « onshore »

Les turbines sur terre ou « *onshore* » sont les grandes éoliennes blanches que l'on peut voir un peu partout (Voir Fig. 1). Une turbine de 1,8 MW a une tour de 98 m et une hélice à trois lames de 35 m chacune (van den Berg, 2004). La vitesse de rotation de l'hélice varie, bien entendu, avec la vitesse du vent. À des vitesses d'environ 2,5 m/s, l'hélice aura 10 rotations/minute. À des vitesses de 12m/s et plus, elle sera en rotation à un rythme de 22 rotations/minute. Un système empêchera la vitesse de rotation d'augmenter au-delà de cette limite.



Figure 1 : Éoliennes sur terre ou « onshore »
(<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Windenergy.jpg>)

3.2 Éoliennes au large ou « offshore »

Les éoliennes au large ou « *offshore* » sont des éoliennes qui se situent en mer (Voir Fig. 2). On fabrique des structures sous-marines pour supporter ces structures. Des fils sous-marins transportent l'électricité fabriquée. Bien qu'il n'y en ait pas encore au Canada, le gouvernement canadien a indiqué son intérêt à développer ce milieu (Technologies du développement durable Canada, 2005).¹

¹ Note : Il y a beaucoup de littérature sur l'impact des éoliennes au large sur le fond marin. Il n'en sera pas question dans ce rapport qui vise principalement le dérangement sonore et les autres dérangements causés par les éoliennes et non la fabrication de structures sous-marines pour les supporter. Si vous voulez de l'information sur les effets sur le fond marin, la perturbation ou la création de nouveaux habitats et le bruit lors de la construction, voici des textes intéressants :

- Petersen, J.K. et Malm, T. 2006. *Offshore Windmill Farms: Threats to or Possibilities for the Marine Environment*. *Ambio*, vol 35, no 2, p. 75-80
- Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. et Tyack P. 2006. *Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs*. *Marine Ecology Progress Series*. Vol 309, p. 279–295



Figure 2 : Éoliennes au large ou « offshore » à Copenhague au Danemark.
 (<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/17/DanishWindTurbines.jpg>)

3.3 Réduction sonore

La construction des éoliennes a débuté dans les années 1980. À cette époque, on fabriquait les éoliennes de type « *down-wind* » ou dos au vent. Les éoliennes « *down-wind* » sont celles dont la tour se situe entre l'hélice et le vent (voir Fig. 3). Ces éoliennes ont l'avantage d'être plus faciles à manufacturer ainsi qu'à maintenir en opération (Fuji et al., 1984). Par contre, elles ont le désavantage d'être beaucoup plus bruyantes lorsque la lame passe vis-à-vis la tour. Les éoliennes « *down-wind* » sont responsables de la mauvaise réputation de l'énergie éolienne pour ce qui est de l'impact sonore considérable. Une étude américaine en 1991 a comparé les émissions sonores des deux types d'éoliennes, soit « *down-wind* » et « *up-wind* » et a montré que l'émission d'infrasons est le lot de la configuration des éoliennes « *down-wind* » (Shepherd et Hubbard 1991 cité par British Wind Energy Association, 2005).

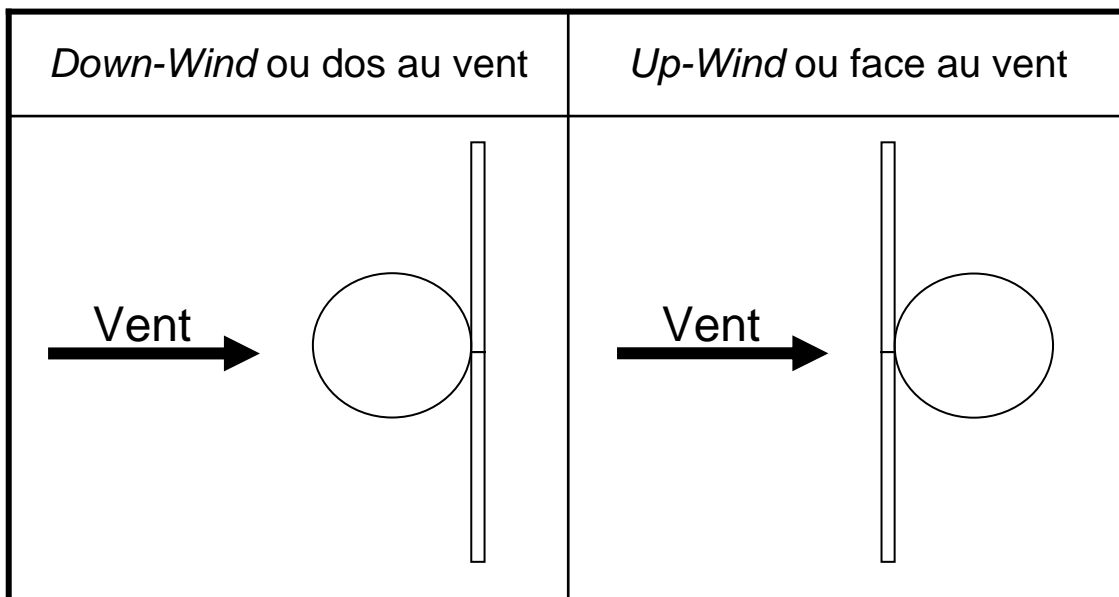


Figure 3 : Représentation des 2 types d'éoliennes

Toujours dans l'optique de réduire les émissions sonores, les tours ainsi que les nacelles (partie à l'intérieur de laquelle est située la turbine) sont fabriquées avec des formes aérodynamiques (American Wind Energy Association). Les nacelles sont aussi mieux insonorisées pour éviter que le bruit de la turbine ne se propage. De plus, les lames des éoliennes sont plus efficaces. Elles sont maintenant conçues de façon à augmenter la transformation du vent en énergie mécanique et ainsi à subir moins de pertes en énergie sonore.

De nos jours, les éoliennes sont construites « up-wind » ou face au vent (Milne, 2005). Elles ne produisent plus que 35 dB à 350 m, distance minimale habituelle pour les maisons les plus proches. De cette façon, l'émission d'infrasons est pratiquement nulle. Selon l'Association Européenne de l'Énergie Éolienne, une éolienne de 1 MW à 300 m émet un bruit d'environ 35 dB (The European Wind Energy Association, 2006).

En plus de tenir compte des décibels, il faut aussi prendre en considération les fréquences sonores émises. Les éoliennes émettent principalement des ondes entre 2 et 4kHz que l'on associe au « swish-swish » des pales (Persson Waye et al., 1998 cité par Pedersen et Waye, 2004).

Selon le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec (2006), les éoliennes ne devraient pas émettre plus de 45 dB le jour et 40 dB la nuit. Ces intensités sonores sont habituellement atteintes à des distances d'environ 350 m. Si les éoliennes sont plus bruyantes, elles n'auraient qu'à être installées plus loin des habitations. L'important, selon la norme, n'est pas la distance entre l'habitation et l'éolienne, mais bien l'intensité sonore ressentie à l'habitation.

4. Les effets des champs électromagnétiques

Les champs magnétiques ont été beaucoup étudiés suite à des rapports épidémiologiques alarmistes sur les risques de cancer chez ceux qui habitent à proximité des lignes à haute tension. Ces rapports indiquent qu'il y aurait plus d'enfants leucémiques dans les familles vivant à proximité de ces lignes de transport (Australian Wind Energy Association², 2004). Une excellente revue de littérature sur les champs électromagnétiques et leurs effets sur le bétail est disponible en ligne sur le site d'Hydro-Québec (Renaud et al., 1999). Selon ce rapport il n'y a aucun impact des lignes de haute tension sur le bétail.

Une étude de 2004 par Burchard a investigué l'impact hormonal de l'exposition de 16 génisses gestantes de deux mois à une exposition d'un champ électrique vertical de 10 kV/m (Burchard, 2004). Ce champ a été choisi pour simuler la proximité d'une ligne de haute tension de 735 kV. Les résultats de l'expérience ont montré que le champ électrique n'a pas eu d'effet sur la concentration sérique de progestérone (P4), de prolactine et d'IGF-1 (insulin-like growth factor 1) et n'a pas eu d'effet sur l'apport quotidien en matière sèche.

Une autre étude portait cette fois sur un groupe de 16 Holstein gestantes qui a été divisé en deux sous-groupes (Rodriguez et al., 2004). Les deux sous-groupes ont été maintenus

dans des conditions de jours courts, c'est-à-dire 8 heures de lumière et 16 heures d'obscurité. Les animaux traités étaient exposés à un champ électrique vertical de 10 kV/m et un champ magnétique horizontal de 30 μ T. La concentration sanguine de mélatonine chez le groupe traité a diminué significativement par rapport au témoin pour la période de lumière, étant de 9,9 pg/ml pour le groupe traité et 12,4 pg/ml pour le témoin. Il n'y a pas eu de différence entre les deux groupes lors de la période d'obscurité. La concentration plasmatique de prolactine a augmenté chez le groupe exposé, soit 16,6 ng/ml pour le groupe exposé et 12,7 ng/ml pour le groupe témoin. Les champs électromagnétiques pourraient donc avoir un impact sur la réponse des vaches laitières à la photopériode, mais l'impact n'est pas encore connu.

Une autre étude du même type a été pratiquée sur un groupe de 16 Holstein multipares non gestantes et en lactation (Burchard et al., 2003). Elles étaient exposées à des conditions de 12 heures d'ensoleillement et 12 heures d'obscurité par jour. Le groupe fut divisé en deux. Pour chacun des groupes, les animaux étaient dans des enclos en bois pendant 3 périodes d'une durée variant de 24 à 27 jours. Les périodes alternaient entre présence et absence d'un champ électromagnétique. Les champs utilisés étaient un champ électrique vertical de 10 kV/m et un champ magnétique horizontal de 30 μ T à 60 Hz. L'exposition aux champs électromagnétiques a diminué la production laitière de 4,97 %, la production laitière corrigée pour le gras de 13,78 % et le contenu en gras du lait de 16,39 %. Elle a par contre augmenté la consommation en matière sèche de 4,75 %.

Une étude constituée de deux expériences voulait mesurer l'impact des champs électromagnétiques sur la concentration plasmatique de thyroxine (T4) (Burchard et al., 2006). La première expérience a été pratiquée sur un groupe de 16 Holstein gestantes et en lactation. Les champs utilisés étaient un champ électrique vertical de 10 kV/m et un champ magnétique horizontal de 30 μ T à 60 Hz. Le groupe fut divisé en deux. Pour chacun des groupes, les animaux étaient dans des cages en bois pendant 3 périodes de 28 jours. Pour le groupe 1, la séquence des périodes d'exposition au champ électromagnétique était OFF-ON-OFF et pour le groupe 2, ON-OFF-ON. La deuxième expérience a été pratiquée sur 16 Holstein qui étaient ni gestantes ni en lactation. Les périodes duraient un cycle d'œstrus. Le groupe fut divisé en deux. Pour le groupe 1, la séquence des périodes d'exposition au champ électromagnétique était OFF-ON-OFF et pour le groupe 2, ON-OFF-ON. L'expérience 1 n'a pas montré de différences entre les traitements, mais l'expérience 2 a montré une augmentation significative de 3,8% de la concentration plasmatique de thyroxine lors des traitements à ON. Puisqu'une augmentation de thyroxine augmente l'ingestion de nourriture chez les ruminants (Ryg et Jacobsen, 1982 cité par Burchard et al., 2006), ce phénomène pourrait expliquer l'augmentation de la consommation alimentaire des ruminants exposés à des champs électromagnétiques intenses (Burchard et al., 2003). Il est important de noter que les variations observées ne sont pas assez importantes pour être un risque pour la santé des animaux (Burchard et al., 2006).

Il est important de rappeler que les champs électromagnétiques utilisés ici sont représentatifs de la proximité de lignes à haute tension. Si l'on compare les intensités des champs magnétiques utilisés dans les expériences précédentes (Burchard et al., 2003,

2004 et 2006 et Rodriguez et al., 2004) à celles du Tableau 1 (page 8) tiré d'Engell-Sørensen (2002), ces résultats ne seraient obtenus qu'à une distance d'environ 1 mètre des fils des éoliennes. Par contre, les éoliennes produisent tout de même des champs électromagnétiques. Il faut donc investiguer leur impact.

Un rapport australien a investigué les champs électromagnétiques de toutes les parties de l'éolienne (Australian Wind Energy Association², 2004). La nacelle est tellement haute (environ 100 m dans certains cas) que les champs magnétiques au sol sont négligeables. Le réseau de connexion des éoliennes est enterré sous 75 cm de terre. De plus, les fils sont isolés et renforcés avec de l'acier. Le tout rendra les champs du réseau pratiquement nuls. L'étude faite par Hydro-Tasmanie a démontré qu'à 30 m des connections au réseau électrique de distribution, le champ électromagnétique mesuré est le même que celui d'une maison normale, donc « négligeable et sans effet sur la santé » (Australian Wind Energy Association², 2004). Le transformateur, quant à lui, peut générer des champs plus forts, mais il est entouré d'une grille pour ne pas que des personnes ou des animaux s'y approchent. Cependant, aucune norme n'était disponible à ce sujet.

Une autre étude faite cette fois-ci sur les éoliennes au large fait aussi mention des champs magnétiques (Engell-Sørensen, 2002). Elle a mesuré les champs magnétiques à des distances croissantes des câbles (Tableau 1). Cette étude ne prend pas en compte que les champs magnétiques pourraient avoir des effets nocifs sur la santé des animaux marins. Elle met plutôt l'emphase sur l'effet perturbateur que pourraient avoir les câbles. En effet, ces câbles pourraient affecter les animaux qui utilisent les champs magnétiques pour se diriger, comme certains poissons et certaines baleines. Une étude a déjà montré que des champs magnétiques artificiels pouvaient affecter la capacité de se diriger de certains poissons (Yano et al., 1997 cité par Engell-Sørensen, 2002). Par contre, cette expérience avait nécessité des champs magnétiques artificiels d'une force de 600 μT . Comme on peut le voir dans le tableau 1, même à 1 m du câble, le champ n'est pas aussi fort (seulement 33.10 μT). En fait, à moins de 1 m, la force du champ magnétique terrestre peut égaler la force du champ magnétique du câble. Les poissons ne pourraient donc être désorientés que dans une zone de 1 m de rayon autour des câbles. De plus, si la force la plus élevée du champ magnétique engendré par l'éolienne est à peu près équivalente à celle du champ magnétique terrestre, on pourrait conclure qu'il n'y a pas de risque pour la santé des animaux marins.

Tableau 1 : Force des champs magnétiques selon la distance du câble d'une éolienne au large (Adapté d'Engell-Sørensen, 2002).

Distance du câble (m)	Force du champ magnétique (A/M)	Force du champ magnétique (μT)
1	41,38	33,10
10	4,14	3,31
100	0,41	0,33
500	0,08	0,7
1000	0,04	0,03

5. Les effets du bruit

Selon l'American Wind Energy Association (AWEA), le son produit lors du passage des lames devant la tour a grandement été diminué avec les nouveaux « *designs* » (American Wind Energy Association) (Tableau 2).

Tableau 2: Niveau sonore de différentes sources (Adapté de The Scottish Office, 2002).

Source / Activité	Niveau sonore dB(A)
Seuil de la douleur	140
Avion à réaction à 250m	105
Marteau piqueur 7m	95
Camion à 30mph à 100m	65
Bureau occupé	60
Voiture à 40mph à 100m	55
Champs d'éoliennes à 350m	35-45
Chambre tranquille	35
Bruit de fond d'une région rurale la nuit	20-40
Limite de l'audition	0

L'intensité sonore à 350 m n'est que de 35 à 45 dB pour un champ d'éoliennes. L'American Wind Energy Association affirme qu'à des distances encore plus grandes, comme entre 750 et 1000 m, une éolienne récente ne produit pas plus de bruit qu'un réfrigérateur de cuisine (American Wind Energy Association). On peut voir que les éoliennes ne sont pas très bruyantes.

Le vent qui cause le bruit n'affecte pas que les éoliennes : il affecte l'ensemble de l'environnement. Plus le vent souffle à une vitesse élevée, plus les pales tournent à grande vitesse, et donc plus le bruit est fort. On pourrait croire que le bruit de fond de l'environnement (le bruissement des feuilles, le sifflement du vent contre les bâtisses, etc) augmentant lui aussi, il masquerait le son plus fort de l'éolienne. Pourtant, une étude affirme que le son des éoliennes est mal masqué par le bruit de fond de l'environnement rural (Arlinger and Gustafsson, 1988 cité par Pedersen et Waye, 2004). Malgré ce problème, il reste que leur intensité sonore est très faible.

5.1 Les effets du bruit sur le bétail

L'acuité auditive du bétail influencera l'impact du bruit des éoliennes. L'audiogramme comportemental du porc et celui de la chèvre ont été obtenus par Heffner et Heffner (1990). On sait que le porc entend des fréquences entre 42 Hz et 40,5 kHz, avec une zone de sensibilité maximale entre 250 Hz et 16 kHz. La chèvre entend entre 78 Hz et 37 kHz avec un maximum de sensibilité à 2 kHz. Pour le cheval, on a déterminé que ses capacités auditives s'étendaient de 55 Hz à 33,5 kHz avec un maximum de sensibilité entre 1 et 16 kHz (Heffner et Heffner, 1983). La vache, quant à elle, peut entendre des fréquences

entre 23 Hz et 35 kHz avec un maximum de sensibilité à 8 kHz. Le mouton peut entendre de 125 Hz à 42 kHz avec un maximum à 10 kHz. Une autre étude a montré que l'audiogramme du poulet s'étendait de 400 Hz à 4kHz avec une zone de sensibilité supérieure entre 1 et 2 kHz (Sanders et Salvi, 1993) (Les acuités auditives des différentes espèces sont résumées dans le tableau 3). On sait que les éoliennes émettent principalement entre 2 et 4 kHz (voir section 3.3). Tous les animaux de ferme les plus communs sont donc capables de percevoir les éoliennes. Les fréquences émises par les éoliennes se retrouvent même dans la zone de sensibilité maximale pour le porc, la chèvre, le cheval et le poulet.

Tableau 3 : Audiogramme de plusieurs espèces

Animal	Audiogramme (Hz)	Sensibilité maximale (Hz)
Porc	42 à 40 500	250 à 16 000
Chèvre	78 à 37 000	2 000
Cheval	55 à 33 500	1 à 16 000
Vache	23 à 35 000	8 000
Mouton	125 à 42 000	10 000
Poulet	400 à 4 000	1 à 2 000

Il n'y a pas eu d'expérience sur les effets du bruit des éoliennes sur le porc. Par contre, d'autres types de bruits ont été testés sur cet animal. Une expérience a testé les effets de quatre types de sons : le bruit blanc communément appelé « *white noise* », un bruit de ferme, un bruit de transport et un bruit d'abattoir (Talling et al., 1996). Les sons étaient entre 80 et 90 dB, donc bien au-delà de l'intensité sonore des éoliennes. L'expérience a révélé qu'après 15 minutes de simulation sonore, le rythme cardiaque n'était pas différent de l'état prétraitement ou témoin mais était tout de même un peu plus élevé que la valeur post traitement. Suite à la cessation de la stimulation, une diminution significative dans le rythme cardiaque a été observée, mais le niveau auquel il a diminué n'était pas significativement différent du témoin. On peut donc voir que même si elle n'était pas complète, l'habituation se produisait avec le temps. Il est important de dire que ce traitement ne durait que 15 minutes, période très courte pour permettre l'habituation.

Une autre expérience sur le porc a testé les effets des sons prévisibles ou intermittents et l'habituation à ces sons (Talling et al.b, 1998). Dans un groupe, 12 porcs écoutaient un enregistrement d'un camion de transport à 84 dB. Le deuxième groupe écoutait le même enregistrement à 86 dB, entrecoupé aléatoirement de « silences » à 59 dB. Au total, 40 tests consécutifs de 5 minutes ont été faits pour chaque porc : 20 témoins et 20 avec le traitement sonore. Les porcs soumis au son uniforme ne sortaient pas de l'aire expérimentale par les sorties disponibles et donc n'évitaient pas significativement le son. Le son intermittent, quant à lui, a été significativement évité puisque les porcs quittaient. On peut donc voir que si le son des éoliennes n'est pas uniforme, comme lorsqu'il y a des bourrasques, cela pourrait causer du stress aux animaux. Mais encore faut-il que le bruit des éoliennes soit perceptible de l'intérieur de la porcherie. Il est important de noter qu'une porcherie n'est pas un endroit très silencieux. Les porcheries ventilées mécaniquement auraient un niveau sonore de base de 73 dB (Talling et al.a, 1998). Puisque l'on sait que les éoliennes qui sont situés à au moins 350 m d'une habitation font

un bruit d'environ 35-40 dB, le bruit des éoliennes ne sera pas très important. L'effet serait beaucoup plus marqué si les porcheries n'étaient pas ventilées mécaniquement puisque le bruit des éoliennes ne serait pas masqué.

D'autres études ont été faites sur des animaux qui ne sont pas du bétail, mais qui peuvent en être représentatifs. L'une d'elles a été faite sur le wapiti (*Cervus elaphus*) (Walter et al., 2006). Les auteurs ont mesuré l'effet de la construction et de l'opération d'un champ de 45 éoliennes sur l'habitat et sur la qualité de la diète. Ils ont mis des colliers radiométriques à 10 wapitis. Ils n'ont observé aucun départ de la zone près des éoliennes chez les wapitis. De plus, l'analyse en isotopes de carbone et d'azote ainsi que l'analyse en azote des fèces ont permis de voir que la diète n'avait pas été affectée et ce, même si la construction était incluse dans l'expérience. La construction est habituellement plus traumatisante, puisqu'il y a le bruit de la construction, les camions qui passent et les humains qui travaillent. Il y a aussi nécessairement eu une perte de nourriture disponible puisque chaque éolienne couvre une certaine superficie au sol, mais cet effet a été négligeable.

Une autre étude du même genre a été faite sur le renne (*Rangifer tarandus*). Une étude précédente avait déterminé l'audiogramme de cet animal : il peut entendre des fréquences de 70 Hz à 38 kHz avec une zone de grande sensibilité entre 1 et 16 kHz (Flydal et al., 2001). Son acuité auditive est très semblable aux autres animaux de ferme. Une expérience a été faite en Norvège, sur un troupeau de rennes semi-domestiques en enclos en Norvège pour voir l'effet d'un champ d'éoliennes (Flydal et al., 2004). Ils ont mesuré les effets de l'opération du champ sur l'utilisation de l'habitat, les changements d'activités, la vigilance, ainsi que le temps passé à courir, marcher et rester debout. Cinq groupes de rennes ont été placés dans un enclos près d'une éolienne dont le rotor pouvait être mis en rotation et arrêté au désir. Les résultats chez ces 5 groupes ont été comparés à un groupe témoin sans éolienne. Lorsque le rotor a été mis en mouvement, 2 groupes se sont éloignés de l'éolienne, 2 sont restés à la même place et 1 s'est approché de l'éolienne. Il a été impossible de discerner une tendance de stress ou de fuite avec le mouvement des groupes par rapport au bruit de l'éolienne. Il ne semble donc pas y avoir d'aversion des rennes semi-domestiques face aux éoliennes. Il est très important de noter que l'article complet n'a pas pu être obtenu pour la rédaction de ce rapport et ce, même après avoir tenté de contacter les auteurs. Ce qui est inclus dans ce rapport n'est que le résumé de l'article. Il est impossible de savoir si la méthodologie utilisée était acceptable ou non. Les résultats sont donc à interpréter avec précaution.

La plupart des rapports gouvernementaux ou industriels mentionnent des observations anecdotiques comme preuves que le bétail n'est pas affecté par les éoliennes, mais sans évidence scientifique pour appuyer leur dire. Par exemple, certains comme l'Australian Wind Energy Association affirment que les moutons, les vaches et les chevaux ne sont pas dérangés par les éoliennes (Australian Wind Energy Association¹, 2004). Ils vont même jusqu'à dire que le problème est de les tenir loin des éoliennes puisque les vaches aiment bien s'y frotter et que les moutons utilisent leur ombre. Ils terminent par la citation : « *Cows love Wind Turbines!* » Un rapport américain, cette fois-ci, fait mention du champ d'éoliennes de Foote Creek Rim (Werner, 2005). Ce champ d'éoliennes

comporte 183 turbines. Les auteurs mentionnent que les animaux sauvages et le bétail continuent d'utiliser le terrain autour des éoliennes. Dans un autre rapport, on donne l'exemple d'un éleveur du Dakota du Sud qui élève des vaches et des veaux de boucherie et qui possède huit éoliennes sur son terrain (Gordon, 2004). L'éleveur affirme qu'une fois la construction des éoliennes terminée, il n'y a plus d'interférence avec l'utilisation du pâturage des animaux. Un autre rapport mentionne :

"There have been no reports of decreased production from farm as a result of having wind turbines on the land. Animals graze normally around the tower without any discernable impact" (Sustainability Victoria, 2006).

« Les parcs éoliens n'ont pas d'effet sur le bétail. Aucune diminution de la productivité n'a été rapportée et les animaux continuent de paître près des éoliennes sans impact visible » (Traduction libre).

5.2 Les effets du bruit sur l'humain

La littérature scientifique sur l'effet des éoliennes sur le bétail est pratiquement inexistante. Ce n'est pas le cas de l'effet sur l'humain.

Beaucoup d'effets négatifs ont été associés au son des éoliennes : détournement de l'attention, perturbation du repos, etc. (Chouard, 2006). Des coups de vent la nuit peuvent faire augmenter soudainement le bruit et réveiller les personnes qui dorment ou les empêcher de se rendormir. L'impact sera moindre si le son est continu (Waye, K.P., 2004 cité par Chouard, 2006). Les éoliennes sont aussi reconnues pour causer des troubles dits subjectifs (céphalées, fatigue, sensations d'ébriété passagères, nausées) et objectives (vomissements, insomnies, palpitations). Ces réactions, bien qu'elles semblent extrêmes, seraient survenues dans des conditions normales avec des éoliennes installées selon les normes, donc à des intensités d'environ 40 à 45 dB.

D'autres études portant sur l'impact sonore des autoroutes ou des aéroports peuvent donner un aperçu de l'impact des éoliennes. Selon le rapport de Chouard (2006), une agression sonore permanente ou intermittente peut avoir de nombreux effets sur le corps humain. Le son peut augmenter le risque d'hypertension artérielle (Tomei, F. et al., 2000 cité par Chouard, 2006), d'infarctus du myocarde (Babisch, W. et al., 1999 cités par Chouard, 2006) et de troubles endocriniens (Soulairac, A, 1992 cité par Chouard, 2006). Les troubles endocriniens rapportés sont une augmentation de la sécrétion noradrénergique, d'ACTH et d'hormone somatotrope.

Un site d'opposants à l'énergie éolienne de New York cite un sondage fait dans la ville de Lincoln Township en 2001 pour montrer les effets négatifs du bruit des éoliennes (Pierpont, 2006). Il est important de noter qu'il s'agit d'un groupe d'opposants et que leur opinion peut être biaisée. Quarante-quatre pourcents des résidents situés entre 800 pieds (250 m) et ¼ mile (400 m) des éoliennes affirmaient que le son était un problème dans leur maison. Cinquante-deux pourcents des habitants entre ¼ (400 m) et ½ mile (800 m), 32% entre ½ (800 m) et 1 mile (1600 m) et 4% entre 1 (1600 m) et 2 miles (3200 m)

affirmaient la même chose. Deux cent vingt-neuf personnes ont été interrogées pour cette partie du sondage.

5.3 Les effets du bruit sur les oiseaux

L'impact sur les oiseaux du son produit par les éoliennes a intéressé quelques chercheurs. On imagine qu'elles puissent avoir un impact important puisque le son produit par une éolienne de type Danwin émet des sons entre 2 et 5 kHz. Ces fréquences sont celles que les oiseaux entendent le mieux (Dooling, 2002). Malheureusement, il est difficile d'obtenir une réponse unique puisque les études ont des résultats contradictoires et la réponse dépend aussi de l'espèce.

Une étude menée à la ferme de Rheiderland en Allemagne a mesuré des densités d'oies rieuses européennes (*Anser albifrons*) et a observé qu'elles étaient moindres jusqu'à 600 m des éoliennes, en comparant avec la période pré-construction (Kruckenberg & Jaene 1999 cités par Drewitt et Langston, 2006). Par contre, sur une ferme au Danemark, une autre étude a observé un déplacement d'oies à bec court (*Anser brachyrhynchus*) jusqu'à une zone de 100 à 200 m des éoliennes (Larsen & Madsen 2000 cités par Drewitt et Langston, 2006). On peut voir que même s'il s'agit d'espèces d'oiseaux très proches l'une de l'autre, la réponse est très différente. Une autre étude a été menée cette fois sur les Passériformes (Leddy *et al.* 1999 cités par Drewitt et Langston, 2006). Elle rapporte que les densités de passereaux augmentent à mesure qu'on s'éloigne des éoliennes. Elle rapporte aussi une densité plus grande dans la zone témoin que dans une région de 80 m autour des éoliennes, indiquant ainsi un cas de déplacement.

Un rapport remis à Toronto Hydro rapporte que plusieurs études en Amérique du Nord et en Europe n'ont noté qu'un léger ou aucun effet des éoliennes sur les oiseaux qui nichent près ou sous ces dernières (TREC et Toronto Hydro, 2000). Cette étude a observé des oiseaux nichant directement sous les éoliennes (Percival 1998 cité par TREC et Toronto Hydro, 2000). Lorsque les oiseaux étaient dérangés, la raison était plus souvent le dérangement par les personnes et par les véhicules que par les éoliennes elles-mêmes (Leddy et al. 1999 et Percival 1999 cité par TREC et Toronto Hydro, 2000).

Plusieurs études trouvent que le dérangement causé par les éoliennes est nul ou très peu significatif. Par contre, les effets du dérangement pourraient être masqués par la haute fidélité au site de certains oiseaux nicheurs (Winkelman 1992d et Ketzenberg *et al.* 2002 cité par Drewitt et Langston, 2006).

5.4 Les effets du bruit sur les poissons et les mammifères marins

Les éoliennes peuvent déranger d'autres animaux que le bétail et les oiseaux. Les poissons et les mammifères marins peuvent entendre très bien leur son si elles sont installées au large ou « *offshore* ». Ce sont même de bons animaux pour en tester les effets, surtout les mammifères marins, puisqu'ils ont une bonne ouïe et que le son voyage très bien dans l'eau.

Les poissons entendent principalement à des fréquences situées entre 500 et 1000 Hz, bien qu'il y ait beaucoup de variations entre les espèces (Wahlberg et Westerberg, 2005). Ils peuvent aussi entendre les fréquences que nous qualifions d'infrasons. En prenant trois espèces de poissons dans le but de couvrir la variation qu'il y a entre les espèces, une revue de littérature a tenté de voir les effets des champs d'éoliennes au large. Les mesures ont été faites à des distances entre 0,4 et 25 km des éoliennes et à des vitesses de vent entre 8 et 13 m/s. La distance de détection des champs d'éoliennes par les poissons dépend de plusieurs facteurs : la grosseur et le nombre d'éoliennes, les capacités auditives des poissons, le niveau de son ambiant provenant de l'environnement, la vitesse du vent, la profondeur et le type de sol sous-marin. L'un des impacts que peuvent avoir les éoliennes est de masquer la communication sonore des poissons. Par contre, les conséquences de ce masquage sur le succès reproducteur des poissons ne sont pas connues. On peut observer des comportements de fuite des poissons face aux éoliennes, mais seulement quand le poisson se trouve à des distances plus petites que 4 m d'une éolienne et que le vent est plus grand que 13 m/s, ce qui est élevé. Les données indiquent clairement que le bruit produit par les éoliennes n'endommage pas les facultés auditives des poissons même à des distances de quelques mètres seulement. En effet, même à moins de 10 m, l'intensité sonore est très loin de celle nécessaire pour produire des dégâts (Hastings et al. 1996 et McCauley et al. 2003 cités par Wahlberg, et Westerberg, 2005). Il n'y a eu que très peu d'études sur les effets à long terme du bruit sur l'ouïe des poissons, mais rien dans la littérature ne laisse présager qu'une exposition prolongée aurait des effets négatifs. Cette étude doit être prise avec beaucoup de précaution car, comme les auteurs affirment:

“The calculations were made on data of often very low quality and from experiments with little or no replication” (Wahlberg, et Westerberg, 2005).

« Les calculs ont été réalisés avec des données de très mauvaise qualité provenant d'expériences avec peu ou pas de répétitions » (Traduction libre).

Une revue de littérature a tenté de voir les effets des éoliennes sur les mammifères marins (Madsen et al., 2006). Elle s'est penchée sur trois espèces de cétacés (le marsouin, *Phocoena hocoena*, le grand dauphin, *Tursiops truncatus* et la baleine noire de l'Atlantique, *Eubalaena glacialis*) ainsi qu'une espèce de pinnipède (le phoque commun, *Phoca vitulina*). Les cétacés utilisent des sons pour faire de l'écholocation ainsi que pour la communication. Les delphinidés, dont font partie le marsouin et le grand dauphin, émettent des sifflements qui peuvent varier entre 1 et 150 kHz (Richardson et al. 1995 cité par Madsen et al., 2006). La baleine noire de l'Atlantique, quant à elle, émet des sons entre 10 Hz et 10 kHz. Les pinnipèdes ne font des vocalisations que pour la communication. Ces vocalisations se situent entre 50 Hz et 60 kHz (Richardson et al. 1995 cité par Madsen et al., 2006). Le phoque commun et la baleine noire de l'Atlantique risquent donc d'être plus sensibles aux sons de basses fréquences que les delphinidés. En effet, le seuil d'audibilité pour le marsouin et le grand dauphin pour un son de 180 Hz, fréquence à laquelle l'éolienne émet le plus de bruit, est plus grand que 122 dB. Ils ne risquent donc pas d'être capables de l'entendre à une distance supérieure à 100 m.

Une étude sur le marsouin et le phoque commun a testé l'effet sur le comportement de ces animaux d'un enregistrement d'une turbine (Koschinski et al. 2003 cité par Madsen et al., 2006). Le son a dû être amplifié de 10 dB pour simuler une éolienne de 2 MW. Ils ont observé que la réponse, si réponse il y avait, n'était que dans un périmètre entre 60 et 200 m de la source sonore. Ces résultats renforcent la conclusion que la zone d'impact pour ces deux animaux est petite.

Cette même revue a comparé le bruit des cargos à celui des éoliennes. Les bateaux cargos qui vont à une bonne vitesse émettent un bruit de 175 dB dont les fréquences sont entre 30 et 300 Hz (NRC 2000 et Arveson & Venditis 2001 cités par Madsen et al., 2006). Le son des cargos est de 30 dB, donc 30 fois plus fort puisque l'échelle des décibels est logarithmique, que celui des éoliennes les plus bruyantes mesurées. Dès que des cargos passeraient dans une région, ils masqueraient les effets des éoliennes. Selon les lois de dissipation du son, un mammifère marin n'arriverait pas à entendre une éolienne à 100 m de lui si un cargo était à 14 km de l'animal. Théoriquement, si l'animal était à 1 km de l'éolienne, il ne l'entendrait pas même si le cargo était à plus de 100 km de l'animal.

La conclusion de cette revue de littérature est la suivante :

“With respect to the known noise levels of turbines presently in operation, there seems to be little reason to believe they have a significant impact on marine mammals in general » (Madsen et al., 2006).

“En considérant le niveau sonore des éoliennes présentement en opération, il ne semble pas y avoir de raison de croire qu'elles ont un impact significatif sur les mammifères marins en général » (Traduction libre).

Un rapport sur les effets d'un champ d'éoliennes en mer sur le sanctuaire de phoques communs et gris de Rødsand a été produit (Edrén et al., 2005). Le champ était situé à 4 km du sanctuaire. Ils ont utilisé le nombre de fois que les phoques ont replongé à l'eau comme indice de dérangement. Avant la construction, le taux de dérangement était de 0,072 dérangement par heure. Lors de la construction, il était de 0,098 dérangement par heure. Il était de 0,084 dérangement par heure lors de l'opération. Les différences n'étaient pas significatives entre les trois périodes. La construction et l'opération n'ont eu que peu ou pas d'effets négatifs. Une autre étude sur la même population utilisant cette fois l'observation aérienne est venue corroborer ces résultats (Tougaard et al., 2006). Dans la même région, un autre rapport a investigué l'effet de ces mêmes éoliennes sur les marsouins (Tougaard et al., 2004). Ce rapport cite des études indiquant que les marsouins pourraient entendre une éolienne individuelle à plus de quelques centaines de mètres (Henriksen 2001 cité par Tougaard et al., 2004). Il rapporte aussi que l'évitement devrait seulement avoir lieu à moins de 180 m de l'éolienne (Koschinski et al. 2003 cités par Tougaard et al., 2004).

Un autre rapport sur la région de Horns Rev et Nysted au Danemark a regardé les effets de la construction d'un champ d'éoliennes au large sur les phoques et les marsouins (Søndergaard, 2006). Tous les mammifères marins ont été chassés volontairement du territoire le temps de construire les éoliennes pour ne pas qu'ils soient incommodés par le

bruit de la fabrication et des explosions sous-marines. Depuis la mise en opération à la fin novembre 2003 (Tougaard et al., 2006), les phoques sont revenus aux régions de Horns Rev et Nysted. Les marsouins sont aussi de retour à Horns Rev, mais le retour à Nysted est un peu plus lent.

Bien que les résultats d'études scientifiques étrangères semblent indiquer qu'il n'y aurait pas d'effets sur les animaux marins, ce n'est pas l'avis de certains pêcheurs. Un pêcheur, Bjarne Kolath, a été interrogé en 2001 pour un rapport. Selon lui, ses prises ont été moins bonnes pour certains poissons depuis la construction des éoliennes (Pour l'intégral de l'entrevue, veuillez consulter Engell-Sørensen, 2002). Il affirme aussi que certains poissons plats, notamment les turbots (*Psetta maxima* et non le turbot de Terre-Neuve ou américain, *Reinhardtius hippoglossoides*), ne migrent pas entre les éoliennes lorsque le vent est fort.

Encore une fois, nous avons droit à des affirmations sans source scientifique. L'Autorité Danoise en matière d'Environnement affirme que les poissons et les mammifères marins ne sont pas affectés négativement par l'opération des éoliennes, mais sans amener de preuves scientifiques pour soutenir ses propos (Jensen, 2007).

De vraies études spécifiquement sur le sujet seraient préférables et permettraient de tirer des conclusions claires et définitives. Si les pêcheurs entendent parler que les éoliennes peuvent faire diminuer leurs prises et que les compagnies de tourisme apprennent que ces mêmes éoliennes peuvent chasser les mammifères marins, ils seront certainement mécontents. Des études faites au Québec sur les poissons commerciaux ainsi que sur les mammifères marins permettraient d'avoir une réponse définitive et valable pour le Québec.

6. Les effets des infrasons

Les infrasons sont des ondes sonores dont les fréquences sont sous les 20 Hz. Ce que nous appelons des infrasons sont en fait des sons de basses fréquences. Les humains ne peuvent les entendre, mais d'autres animaux le peuvent et les utilisent même pour communiquer. Puisque les animaux n'entendent pas exactement les mêmes fréquences que nous (voir section 4.1), un son pourrait ne pas nous déranger mais affecter sérieusement le bien-être d'un animal. De plus, les infrasons sont réputés pour avoir des effets négatifs sur la santé (Chouard, 2006).

Les turbines utilisées au large émettraient du bruit avec des fréquences principalement entre 30 et 800 Hz (Deutsche WindGuard GmbH, 2005). Pour ce qui est des infrasons, aucune contribution des éoliennes ne peut être mesurée sous les 3 Hz à cause du niveau de base de bruit dans l'environnement, comme le vent et les vagues.

La peur des infrasons est non fondée selon certains chercheurs. Elle proviendrait de l'étude de Gavreau et al. (1966, cité par Chouard, 2006). G. Leventhall a repris l'expérience en 2005 (cité par Chouard, 2006). Selon ce dernier, la méthodologie de Gavreau était inadmissible et les conclusions de l'expérience, inacceptables.

Malheureusement, les résultats de son expérience non pas été disponibles pour la rédaction de ce rapport. G. Leventhall est même allé jusqu'à dire dans une communication personnelle rapportée par le British Wind Energy Association (2005) :

« I can state quite categorically that there is no significant infrasound from current designs of wind turbines. To say that there is an infrasound problem is one of the hares which objectors to wind farms like to run. There will not be any effects from infrasound from the turbines. The turbines produce a modulated higher frequency - the swish, swish - which people may not like, but this is not infrasound. There is no low frequency in it. There is negligible infrasound and very little low frequency noise from wind turbines - a few low level tones from the gearbox. Whatever might be making people ill it is not low frequency noise - there just isn't enough of it from modern wind turbines ».

“Je peux affirmer catégoriquement qu'il n'y a aucune émission significative d'infrasons par les éoliennes courantes. Dire que les infrasons sont un problème est l'un des mensonges que les opposants des champs d'éoliennes utilisent. Il n'y aura aucun effet des infrasons des turbines. Les turbines produisent des modulations de plus haute fréquence – le swish swish – qui peut déranger les gens, mais qui ne sont pas des infrasons. Il y a une quantité négligeable d'infrasons et très peu de bruit de basse fréquence des éoliennes – quelques tonalités de bas niveau provenant de la boîte de vitesse. Peu importe ce qui peut rendre les gens malades, il ne s'agit pas des infrasons – il n'y en a juste pas suffisamment de produits par les turbines modernes“ (Traduction libre).

6.1 Les effets des infrasons sur le bétail

Une mention est faite sur les effets des infrasons chez les animaux dans Chouard (2006). Elle affirme que : « chez l'animal, l'exposition de 169 dB à 10 Hz ou de 158 dB à 30 Hz, n'induit pas de nystagmus. » Le nystagmus est une perturbation de la coordination des muscles de l'œil. Malheureusement, l'étude ne mentionne pas de quel animal il s'agit, ce qui est une très fâcheuse omission. Il devient ainsi difficile de tirer des conclusions pour le bétail.

Peu d'information est disponible sur l'audibilité des infrasons par le bétail. On peut par contre faire des extrapolations avec les audiogrammes établis dans la section 5.1. Puisque les infrasons se situent sous les 20 Hz, seuls quelques animaux pourraient être plus sensibles que les autres. Le porc a sa limite inférieure d'audibilité à 42 Hz, la chèvre à 78 Hz, le cheval à 55 Hz et la vache à 23 Hz. La vache est donc la plus susceptible d'être sensible aux infrasons. Par contre, si elle a une réaction, cette dernière ne risque pas d'être comportementale puisque son audiogramme a été établi avec une réponse comportementale : la limite inférieure était à 23 Hz, les vaches testées ne répondaient pas à des fréquences sous les 20 Hz. Les autres animaux ont des limites inférieures d'audibilité beaucoup trop élevées pour être sensibles aux infrasons.

6.2 Les effets des infrasons sur l'humain

Les effets des infrasons sur les humains ont été répertoriés (Chouard, 2006). Pour que ce type d'ondes sonores affecte négativement les humains, l'intensité doit être très élevée. Des explosions pourraient générer des ondes assez fortes pour nuire à la santé de l'humain. Les infrasons que l'on retrouve même dans les parcs industriels les plus bruyants sont toujours inaudibles et n'ont aucun impact pathologique prouvé sur l'homme. Comme le mentionne Chouard (2006) :

« Au-delà de quelques mètres de ces engins, les infrasons du bruit des éoliennes sont très vite inaudibles. Ils n'ont aucun impact sur la santé de l'homme. »

Une revue de littérature de 2001 reprenant les résultats de 69 études sur les effets des sons de basses fréquences indiquent qu'il n'y a pas d'effet nocif pour la santé. (Mirowska, 1998 et Lundin et Ahman, 1998, cité par British Wind Energy Association, 2005)

Le tableau 4, adapté de Chouard (2006), indique l'intensité des infrasons de différentes sources sonores. Il indique aussi le seuil d'audibilité chez l'humain. Pour qu'un son à 16 Hz par exemple soit audible, il devrait être de 95 dB. Une éolienne à une distance de 100 m (il est important de rappeler que les maisons sont situées habituellement au-delà de 350 m des éoliennes) émet un son à 16 Hz de seulement 58 dB, donc très en dessous du seuil d'audibilité

Tableau 4 : Seuils d'audibilité en dBA des basses fréquences et de quelques infrasons détectables instrumentalement dans les circonstances de la vie courante (Adapté de Chouard, 2006).

Type de source	8 Hz	16 Hz	32 Hz	63 Hz	125 Hz
Véhicule léger à 100 km/h	95	90	88	82	78
Camion à 80 km/h	103	105	102	92	88
Train, vitres ouvertes à 80 km/h	97	101	101		
Eolienne 1 MW à 100 m	58		74	83	90
Seuil d'audibilité	105	95	66	45	29

Le Danemark est l'un des pays qui compte le plus d'éoliennes. L'Association de l'Industrie Éolienne Danoise ainsi que l'Agence Danoise de l'Environnement ont toutes deux confirmé que les infrasons ne sont pas un problème sérieux et qu'il n'y a presque pas eu de plaintes depuis les vingt ans d'opération des parcs éoliens dans ce pays (Communication personnelle cité par British Wind Energy Association, 2005). L'Allemagne est le pays qui a le plus grand potentiel installé d'énergie éolienne par rapport à son potentiel éolien total. L'Association Allemande d'Énergie Éolienne a confirmé qu'aucun impact des infrasons sur la santé n'a été observé dans les études allemandes.

Un site d'opposants à l'énergie éolienne a rapporté un article non scientifique du Daily Telegraph sur les observations de la docteure Amanda Harry, de Bridget Osbornes et d'un sondage (Milner, 2004). Cet article affirme que les infrasons des éoliennes peuvent causer des maux de tête ainsi que des dépressions et ce, jusqu'à 1 km. Sur un échantillon de 14 personnes vivant près d'un champ de 16 éoliennes de Bears Down de Padstow, Cornwall, 13 affirment que leur nombre de maux de tête a augmenté et 10 affirment qu'ils ont des problèmes de sommeil et souffrent d'anxiété. La docteure Amanda Harry est citée :

“People demonstrated a range of symptoms from headaches, migraines, nausea, dizziness, palpitations and tinnitus to sleep disturbance, stress, anxiety and depression. These symptoms had a knock-on effect in their daily lives, causing poor concentration, irritability and an inability to cope” (Milner, 2004).

« [L]es gens développent un ensemble de symptômes tels que maux de tête, migraines, nausées, vertiges, palpitations, acouphènes, troubles du sommeil, stress, anxiété et dépression. Ces symptômes ont des répercussions dans leur vie quotidienne entraînant des difficultés de concentration, de l'irritabilité et une incapacité d'agir » (Traduction par le site <http://www.ventdecolere.org/archives/sant%E9/DailyTelegraph-CatherineMilner-25012004.pdf>).

La docteure Bridget Osborne a aussi observé une augmentation du nombre de dépressions suite à l'érection de trois éoliennes dans une région. Elle mentionne sur les infrasons:

“This frequency resonates with the human body - their effect being dependent on body shape. There are those on whom there is virtually no effect, but others for whom it is incredibly disturbing” (Milner, 2004).

« Ces fréquences résonnent dans le corps humain, avec des effets différents selon la constitution physique. Pour certains, cela n'a virtuellement aucun effet mais pour d'autres, cela a un effet dévastateur » (Traduction du site <http://www.ventdecolere.org/archives/sant%E9/DailyTelegraph-CatherineMilner-25012004.pdf>).

Cette déclaration, si elle est vraie, pourrait expliquer les résultats contradictoires d'expériences sur les effets des infrasons.

7. Effet Stroboscopique

L'effet stroboscopique est généré lorsque le mouvement de l'hélice provoque une alternance d'ombre et de lumière à une vitesse relativement importante (The Scottish Office, 2002). Pour que des humains ou des animaux soient affectés, la lumière et l'ombre doivent pouvoir pénétrer par une fenêtre ou une ouverture. Comme on peut le voir dans la section 2.1, le nombre de rotations par minute est beaucoup trop petit pour causer des effets stroboscopiques, même si l'on tient compte du fait qu'il y a trois lames. Par contre, lorsque plusieurs éoliennes sont ensemble, l'effet peut être multiplié si elles

ne sont pas toutes en phases (The Scottish Office, 2002). Un rapport indiquait que si on applique comme règle une distance entre les éoliennes de dix fois le diamètre du rotor, il ne devrait pas y avoir de problèmes avec l'effet stroboscopique (The Scottish Office, 2002).

L'effet stroboscopique des ombres des pales en rotation peut avoir des effets sur la santé des humains (Chouard, 2006). Pour ce faire, l'hélice doit se trouver spécifiquement entre le soleil et la zone dérangée. Cette situation survient principalement le matin ou le soir, quand le soleil est bas. L'heure variera selon le temps de l'année bien entendu. On aurait répertorié que l'effet stroboscopique engendré par l'ombre des lames pourrait causer l'épilepsie. Par contre, aucune étude scientifique n'a pu être trouvée sur le sujet.

Il faut tout de même savoir que ce problème ne risque pas d'être important pour les animaux logés à l'intérieur. Par contre, il peut l'être pour les animaux au pâturage ou dans les cas où les animaux sont à l'intérieur mais avec une vue sur l'extérieur.

Selon un site new yorkais, les éoliennes peuvent causer des problèmes avec l'effet stroboscopique (Pierpont, 2006). Il faut mentionner que les arguments amenés ne sont pas souvent étoffés de références scientifiques. Ce groupe affirme que des personnes peuvent souffrir de migraines, de pertes d'équilibre et de nausées suite à l'exposition aux ombres en mouvement. Les nausées et les pertes d'équilibre seraient causées par l'apport au cerveau d'informations contradictoires. Le cerveau utilise trois organes pour s'avoir s'il est en mouvement : l'oreille interne, les yeux et les récepteurs sensoriels d'étirements dans les muscles. L'effet des ombres fait que l'oeil croit qu'il y a du mouvement alors que les autres sens indiquent qu'il n'y en a pas. La situation serait semblable à ce qui se produit quand des personnes sont malades en voiture. L'effet stroboscopique pourrait aussi être responsable de crises d'épilepsie chez les épileptiques.

Selon un sondage effectué deux ans après la construction d'un parc d'éoliennes dans la ville de Lincoln Township au Wisconsin, 33% des habitants entre 800 pieds (250 m) et ¼ mile (400 m) du parc trouvaient que les ombres étaient un problème (Pierpont, 2006). Quarante pourcents entre ¼ (400 m) et ½ mile (800 m), 18% entre ½ (800 m) et 1 mile (1600 m) et 3% entre 1 (1600 m) et 2 miles (3200m) étaient dérangés par les ombres. Ce sondage a été mené auprès de 230 personnes.

8. Risques de collisions

Note : Ce sujet sera traité très superficiellement puisqu'il n'est pas directement en lien avec le sujet de ce rapport. Des références présentes dans le texte serviront à ceux qui voudront approfondir le sujet.

8.1 Collisions chez les oiseaux

Les éoliennes ont acquis avec le temps la réputation d'être de grands hachoirs pour les oiseaux ainsi que pour les chauves-souris. Cette réputation semble exagérée. Il est vrai que des oiseaux meurent frappés par les lames de l'hélice. Il est aussi vrai que le

nombre d'oiseaux tués par les éoliennes est important. La mortalité causée par les éoliennes va dépendre de leur positionnement. Il est évident que si elles sont placées directement dans un parcours migratoire, elles auront un plus grand impact. Une revue de littérature faite aux États-Unis a estimé que même si le nombre d'éoliennes augmentait à un million, la mortalité engendrée par ce type d'énergie serait tout de même moins que 1% des mortalités occasionnées par des structures anthropogéniques (Erickson et al., 2001).

Pour de plus amples informations sur les collisions, lire les documents suivants :

- National Renewable Energy Laboratory. 2006. Bird Movements and Behaviours in the Gulf Coast Region: Relation to Potential Wind Energy Developments.
- Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young Jr., D.P., Sernka, K.J., Good, R.E. 2001. *Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States*. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document.

8.2 Collisions chez les chauves-souris

Les chauves-souris souffrent aussi des collisions avec les lames des éoliennes. Une étude au Minnesota a observé 151 cadavres en deux périodes d'observations, soit du 15 juin au 15 septembre en 2001 et en 2002 (Johnson et al., 2004). On peut voir que les mortalités ne sont pas très impressionnantes, surtout que l'étude couvre une période de huit mois au total et que le parc contenait 409 éoliennes.

Pour de plus amples informations sur les collisions, lire les documents suivants :

- Johnson, G.D., Perlik, M.K., Erickson, W.P. et Strickland, M.D. 2004. *Bat activity, composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota*. Wildlife Society Bulletin, vol 32, no 4, p. 1278–1288
- Young, D.P. Jr. et Erickson, W.P. 2003. *Cumulative Impacts Analysis and Other Wildlife resources from proposed wind projects in Kittitas County, Washington*. Rapport Final pour Kittitas County et Energy Facilities Site Evaluation Council State of Washington.

8.3 Collisions chez les abeilles

Une étude de 1995 indique que les insectes volants en général ont de très faibles chances d'entrer en collision avec les éoliennes (Gipe 1995 cité par TREC et Toronto Hydro, 2000). Il n'y aurait donc qu'un effet négligeable sur les insectes.

Il est par contre logique de penser que si la densité d'insectes est plus élevée ou si l'essaim passe une longue période près d'un champ d'éoliennes, l'effet pourrait devenir significatif. Cela pourrait être le cas des abeilles. Bien que les éoliennes soient très hautes (Voir section 3.1), les collisions entre insectes et lames surviennent. Elles sont même la cause d'un problème appelé « *double stall* » (Corten et Veldkamp, 2001). Il s'agit d'une perte de puissance causée par une moins grande efficacité de transformation de l'énergie éolienne en énergie mécanique. En plus d'être responsable de mortalités chez les insectes, cela entraîne une perte de puissance. Aucune étude ne mentionne que les abeilles se sont retrouvées sur des lames d'éoliennes et aucune plainte d'apiculteurs mécontents envers les parcs d'éoliennes n'a été trouvée.

9. Conclusion

L'énergie éolienne est une énergie propre pour ce qui est des GES. Par contre, elle peut avoir des effets nocifs. Bien que les quelques études disponibles sur le sujet ne semblent pas indiquer que le bétail puisse souffrir des éoliennes, il y a tout de même quelques zones grises. Les résultats des expériences sur l'impact du bruit chez des espèces d'oiseaux sauvages sont contradictoires : parfois les oiseaux s'approchent, d'autres fois ils s'éloignent. L'impact sonore des éoliennes devrait être mesuré sur différentes espèces d'animaux de ferme pour avoir des réponses claires et ne pas s'exposer aux dangers de l'extrapolation interspécifique. Il a été montré que les fréquences émises par les éoliennes se situent dans la zone de sensibilité maximale de la plupart des animaux de ferme inclus dans ce rapport, mais on ne sait pas si ces fréquences seront dérangeantes pour des animaux logés à l'intérieur. De plus, l'étude sur le porc indiquait qu'ils s'habituèrent moins bien aux sons irréguliers, ce qui pourrait aussi être le cas pour les autres espèces, comme les vaches laitières, les poulets, etc. Cela pourrait donc être problématique s'il y a des bourrasques. Les champs électromagnétiques semblent tout de même avoir un impact à grande intensité. Il faudrait déterminer premièrement si les champs électromagnétiques des éoliennes sont assez forts pour affecter le bétail. Si c'est le cas, il faudrait ensuite évaluer la distance à laquelle les éoliennes n'affectent plus le bétail. Aucune étude n'a été faite sur l'impact des infrasons et l'effet stroboscopique sur le bétail. Celles sur l'humain ne laissent pas présager d'impacts négatifs, mais des rapports d'opposants aux éoliennes indiquent le contraire. Les insectes ne sont supposément pas affectés par les éoliennes mais entrent assez en collision avec elles pour causer le phénomène « *double-stall* ». Des études devraient être faites pour voir l'impact des éoliennes sur les abeilles. D'autres études devraient mesurer l'impact sous-marin des éoliennes. Il faudrait vérifier si les émissions sonores nuisent vraiment à la communication et à l'écholocation des mammifères marins et ensuite déterminer si leur *fitness* est affecté. D'autres études devraient se concentrer sur l'utilisation de l'habitat autour des éoliennes et voir si ces dernières causent des déplacements de populations. Il faudrait combler ces nombreux manques de connaissances par de la recherche appliquée pour éviter des problèmes potentiels. Si un éleveur fait installer des éoliennes avec la garantie qu'il n'y aura pas d'effet et qu'il observe une diminution de la productivité de sa ferme, il y verra une relation de causalité même si elle est inexistante. Des études précises sur le sujet permettraient de confirmer ou d'infirmer les dires des éleveurs.

La recherche devrait être orientée sous deux volets : au pâturage et à l'intérieur. Les deux volets auraient des besoins différents. Le son serait potentiellement plus dérangeant au pâturage qu'à l'intérieur où le niveau sonore est plus élevé, puisqu'il y a de la ventilation mécanique. Il faudrait faire des études pour voir si l'intensité sonore, les fréquences émises ainsi que la régularité sonore dérangent les animaux et ce chez toutes les espèces d'animaux de ferme. L'effet stroboscopique ne serait pas un problème pour les animaux à l'intérieur mais pourrait l'être pour le bétail au pâturage. Son effet devrait donc être testé sur toutes les espèces élevées au pâturage ou ayant accès au pâturage. Des expériences faites avec les intensités des champs électriques et magnétiques produits par les éoliennes devraient être appliquées à tous les types de productions animales pour voir son impact.

10. Référence des ressources les plus pertinentes

- Australian Wind Energy Association². 2004. *The Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Field Implications for Wind Farming in Australia*. Rapport remis au Australian Government, Australian Greenhouse Office.
- Chouard, C.H. 2006. *Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme*. Rapport à l'Académie Nationale de Médecine.
- Drewitt, A.L. et Langston, R.H.W. 2006. *Assessing the impacts of wind farms on birds*. British Ornithologists' Union, *Ibis*, vol 148, p. 29-42
- Engell-Sørensen, K. 2002. *Possible Effects of the Offshore Wind Farm at Vindeby on the Outcome of Fishing*. 23 p.
- Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. et Tyack P. 2006. *Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs*. Marine Ecology Progress Series. Vol 309, p. 279–295
- Pedersen, E. et Waye, K.P. 2004. *Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship*. Journal of the Acoustical Society of America, vol 116, no 6, p. 3460-3470
- Wahlberg, M. et Westerberg, H. 2005. *Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms*. Marine Ecology Progress Series, Vol 288, p. 295–309

11. Bibliographie

- American Wind Energy Association. *Facts About Wind Energy and Noise*. Fact sheets.
http://www.awea.org/pubs/factsheets/WE_Noise.pdf
- Australian Wind Energy Association¹. 2004. *The Compatibility of Wind Farming With Traditional Farming in Australia*. Rapport remis au Australian Government, Australian Greenhouse Office.
- Australian Wind Energy Association². 2004. *The Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Field Implications for Wind Farming in Australia*. Rapport remis au Australian Government, Australian Greenhouse Office.
- British Wind Energy Association (BWEA). 2005. *Low Frequency Noise and Wind Turbines*. Technical Annex.
- Burchard, J.F., Monardes, H. et Nguyen, D.H. 2003. *Effect of 10 kV, 30 μ T, 60 Hz Electric and Magnetic Fields on Milk Production and Feed Intake in Nonpregnant Dairy Cattle*. *Bioelectromagnetics*, vol 24, p. 557-563
- Burchard, J.F., Nguyen, D.H., Monardes, H.G. et Petitclerc, D. 2004. *Lack of Effect of 10 kV/m 60 Hz Electric Field Exposure on Pregnant Dairy Heifer Hormones*. *Bioelectromagnetics*, vol 25, p. 308-312
- Burchard, J.F., Nguyen, D.H. et Rodriguez, M. 2006. *Plasma Concentrations of Thyroxine in Dairy Cows Exposed to 60 Hz Electric and Magnetic Fields*. *Bioelectromagnetics*, vol 27, p. 553-559
- Chouard, C.H. 2006. *Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme*. Rapport à l'Académie Nationale de Médecine.
- Corten, G.P. et Veldkamp, H.F. 2001. *Insects Cause Double Stall*. European Wind Energy Conference. 4 p.
- Deutsche WindGuard GmbH. 2005. *Offshore Wind - Implementing a new power house for Europe: Grid Connection, Environmental Impact Assessment & Political Framework*. Rapport de Greenpeace.
<http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/offshore-wind-implementing-a.pdf>
- Dooling, R. 2002. *Avian Hearing and the Avoidance of Wind Turbines*. National Renewable Energy Laboratory. 84 p.

- Drewitt, A.L. et Langston, R.H.W. 2006. *Assessing the impacts of wind farms on birds*. British Ornithologists' Union, *Ibis*, vol 148, p. 29-42
- Edrén, S.M.C., Teilmann, J., Carstensen, J., Harders, P. et Dietz, R. 2005. *Effects of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary - based on remote video monitoring and visual observations*. Technical report to Energi E2 A/S, Ministry of the Environment Denmark
- Engell-Sørensen, K. 2002. *Possible Effects of the Offshore Wind Farm at Vindeby on the Outcome of Fishing*. 23 p.
- Erickson, W.P., Johnson, G.D., Strickland, M.D., Young Jr., D.P., Sernka, K.J., Good, R.E. 2001. *Avian Collisions with Wind Turbines: A Summary of Existing Studies and Comparisons to Other Sources of Avian Collision Mortality in the United States*. National Wind Coordinating Committee (NWCC) Resource Document.
- Flydal, K., Hermansen, A., Enger, P.S. et Reimers, E. 2001. *Hearing in Reindeer*. Journal of Comp. Physio. A, vol 187, p. 265-269
- Flydal, K., Eftestøl, S., Reimers, E. et Colman, J.E. 2004. *Effects of wind turbines on area use and behaviour of semi-domestic reindeer in enclosures*. Rangifer, vol 24, no 2, p. 55-66. Résumé disponible: <http://www.cababstractsplus.org/google/abstract.asp?AcNo=20043214578>
- Fuji, S., Takeda, K. et Nishiwaki, H. 1984. *A Note on Tower Wake/Blade Interaction Noise of a Wind Turbine*. Journal of Sound and Vibration, vol 97, no 2, p. 333-336
- Gordon, K. 2004. *Harvesting the Wind Wind energy may be a profitable companion crop*. Rangelands, vol 26, no 2, p 23
- Heffner, R.S. et Heffner, H.E. 1983. *Hearing in Large Mammals: Horses (Equus caballus) and Cattle (Bos Taurus)*. Behavioural Neuroscience, vol 97, no 2, p. 299-309
- Heffner, R.S. et Heffner, H.E. 1990. *Hearing in domestic pigs (Sus scrofa) and goats (Capra hircu)*. Hearing Research, vol 48, p. 231-240
- Jensen, P.C. *Windturbines - introduction and basic facts*. Danish Energy Authority. Page last edited: 2007-01-17 <http://www.ens.dk/sw14294.asp>
- Johnson, G.D., Perlik, M.K., Erickson, W.P. et Strickland, M.D. 2004. *Bat activity, composition, and collision mortality at a large wind plant in Minnesota*. Wildlife Society Bulletin, vol 32, no 4, p. 1278-1288

- Madsen, P. T., Wahlberg, M., Tougaard, J., Lucke, K. et Tyack P. 2006. *Wind turbine underwater noise and marine mammals: implications of current knowledge and data needs*. Marine Ecology Progress Series. Vol 309, p. 279–295
- Milne, G. 2005. *Technical Manual – Design for Lifestyle and the future, 5.3 Noise Control, 3rd edition*. Australian Government, Department of the Environment and Heritage, Australian Greenhouse Office. <http://www.greenhouse.gov.au/yourhome/technical/pdf/fs53.pdf>
- Milner, C. 2004. *Wind farms make people sick who live up to a mile away*. Daily Telegraph <http://www.ventdecolere.org/archives/sant%E9/DailyTelegraph-CatherineMilner-25012004.pdf>
- National Renewable Energy Laboratory. 2006. *Bird Movements and Behaviours in the Gulf Coast Region: Relation to Potential Wind Energy Developments*.
- Pedersen, E. et Waye, K.P. 2004. *Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship*. Journal of the Acoustical Society of America, vol 116, no 6, p. 3460-3470
- Petersen, J.K. et Malm, T. 2006. *Offshore Windmill Farms: Threats to or Possibilities for the Marine Environment*. Ambio, vol 35, no 2, p. 75-80
- Pierpont, N. 2006. *Health, hazard, and quality of life near wind power installations*. Living in New York. Disponible en ligne à l'adresse: http://www.livinginnewyork.org/health_hazard_and_quality_of_life_near_wind_power_installations
- Renaud, F., Goulet, D. et Bousquet, R. 1999. *Les effets des champs électriques et magnétiques sur la santé et la productivité du bétail*. Rapport d'Hydro-Québec. <http://www.hydroquebec.com/developpementdurable/documentation/documents.html>
- Ressources Naturelles et Faune Québec. 2006. *Gros plan sur l'énergie éolienne - Les impacts environnementaux*. Disponible en ligne à l'adresse : <http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/energie/eolien/eolien-impacts.jsp>
- Rodriguez, M., Petitclerc, D., Burchard, J.F., Nguyen, D.H. et Block, E. 2004. *Blood Melatonin and Prolactin Concentrations in Dairy Cows Exposed to 60 Hz Electric and Magnetic Fields During 8 h Photoperiods*. Bioelectromagnetics, vol 25, p. 508-515

- Saunders, J.C. et Salvi, R.J. 1993. *Psychoacoustics of Normal Adult Chickens: Thresholds and Temporal Integration*. Journal of the Acoustical Society of America, vol 94, p. 83-90
- Søndergaard, T. 2006. *Offshore wind turbine farms are environmentally sustainable*. Danish Wind Industry Association. Page last edited: 2006-12-14 <http://www.windpower.org/composite-1443.htm>
- Sustainability Victoria. 2006. *Wind Energy - the Myths and the Facts*. 16 p.
- Talling, J.C., Waran, N.K., Wathes, C.M. et Lines, J.A. 1996. *Behavioural and physiological responses of pigs to sound*. Applied Animal Behaviour Science, vol 48, p. 187-202
- Talling, J.C.¹, Lines J.A., Wathes, C.M. et Waran, N.K. 1998. *The Acoustic Environment of the Domestic Pig*. Journal of Agricultural Engineering Research, vol 71, p. 1-12
- Talling, J.C.², Waran, N.K., Wathes, C.M. et Lines J.A. 1998. *Sound avoidance by domestic pigs depends upon characteristics of the signal*. Applied Animal Behaviour Science, vol 58, p. 255–266.
- Technologies du développement durable Canada. 2005. *Production d'électricité renouvelable – Analyse d'investissement*. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.sdtd.ca/fr/knowledge/P_E_R_DD_12.8.05.pdf
- The European Wind Energy Association (EWEA). 2006. *Wind Energy Leaflet*. Disponible en ligne à l'adresse : http://www.erec-renewables.org/documents/Technology%20Brochures/Brochure%20EWEA_08_03_06.pdf
- The Scottish Office, Environment Department. *Planning Advice Note, PAN 45, Annex A: Wind Power, A.27. Renewable Energy Technologies*, August 1994. Revised in 2002. <http://www.scotland.gov.uk/library/pan/pan45.pdf>
- Tougaard, J., Carstensen, J., Henriksen, O.D. et Teilmann, J. 2004. *Harbour Porpoises on Horns Reef - Effects of the Horns Reef Wind Farm Annual Status Report 2003*. Elsam Engineering A/S, NERI Technical Report.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Bech, N.I. et Teilmann, J. 2006. *Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm*. Technical report to Energi E2 A/S, Ministry of the Environment, Roskilde, Denmark
- TREC et Toronto Hydro. 2000. *Wind Turbine Environmental Assessment, Draft Screening Document*.

- van den Berg, G.P. 2004. *Effects of the wind profile at night on wind turbine sound*. Journal of Sound and Vibration, vol 277, p. 955–970
- Wahlberg, M. et Westerberg, H. 2005. *Hearing in fish and their reactions to sounds from offshore wind farms*. Marine Ecology Progress Series, Vol 288, p. 295–309
- Walter, W.D., Leslie, D.M. Jr. et Jenks, J.A. 2006. *Response of Rocky Mountain Elk (Cervus elaphus) to Wind-power Development*. The American Midland Naturalist, vol. 156, p. 363-375
- Werner, J. 2005. *The State of the Energy 2003: Where are we now and where should we be going?* Wyoming State Geological Survey.
- Young, D.P. Jr. et Erickson, W.P. 2003. *Cumulative Impacts Analysis and Other Wildlife resources from proposed wind projects in Kittitas County, Washington*. Rapport Final pour Kittitas County et Energy Facilities Site Evaluation Council State of Washington.