

275

Projet d'aménagement du parc éolien  
Montérégie

DB5

6211-24-036

# Éoliennes et santé publique

**SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES**

INSTITUT NATIONAL  
DE SANTÉ PUBLIQUE  
DU QUÉBEC

Québec 



# Éoliennes et santé publique

## **SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES**

Direction de la santé environnementale  
et de la toxicologie

Septembre 2009

## **AUTEURS**

Dominique Blackburn, agente de planification, de programmation et de recherche  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Lucien Rodrigue, médecin-conseil  
Agence de la santé et des services sociaux de la Capitale-Nationale/Direction de santé publique

Isabelle Tardif, agente de planification, de programmation et de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de la Montérégie/Direction de santé publique

Marie Chagnon, agente de planification, de programmation et de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de la Gaspésie—Îles-de-la-Madeleine/Direction de santé publique

Karine Martel, agente de planification, de programmation et de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec/Direction de santé publique

André Morasse, agent de planification, de programmation et de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches/Direction de santé publique  
et de l'évaluation

Bernard Pouliot, médecin-conseil  
Agence de la santé et des services sociaux du Bas-Saint-Laurent/Direction de santé publique  
et des soins de santé primaires

*Les auteurs sont membres d'un groupe de travail, le comité éoliennes, mandaté par la Table nationale de concertation en santé environnementale (TNCSE).*

## **AVEC LA COLLABORATION, POUR LA RÉDACTION DES VOLETS CONCEPTUELS (CHAPITRE 1), DE**

Geneviève Brisson, anthropologue  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Dominique Gagné, agente de planification, de programmation et de recherche  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

*Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.*

*Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitsauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : [droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca](mailto:droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca).*

*Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.*

DÉPÔT LÉGAL – 4<sup>e</sup> TRIMESTRE 2009  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC  
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA  
ISBN : 978-2-550-57560-3 (VERSION IMPRIMÉE)  
ISBN : 978-2-550-57561-0 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2009)

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont soutenu le comité pour l'élaboration du contenu de ce document.

Gilles Daigle, expert en propagation du son  
Conseil national de recherche Canada

Pierre Deshaies, médecin spécialiste  
Direction des risques biologiques et santé au travail  
Institut national de santé publique du Québec

Mario Dessureault, ingénieur  
Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

Denis Gauvin, conseiller scientifique  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Serge André Girard, agent de planification, de programmation et de recherche  
Direction des risques biologiques et santé au travail  
Institut national de santé publique du Québec

Chantal Laroche, professeure titulaire  
Programme d'audiologie et d'orthophonie  
École des sciences de la réadaptation, Université d'Ottawa

Richard Larocque, audiologiste  
Direction des systèmes de soins et politiques publiques  
Institut national de santé publique du Québec

Tony Leroux, professeur agrégé  
École d'orthophonie et d'audiologie  
Faculté de médecine, Université de Montréal

Richard Martin, agent de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches/Direction de santé publique et de l'évaluation

Michel Plante, médecin-conseil  
Santé et sécurité  
Hydro-Québec

Carol Saucier, professeur-chercheur  
Département Sociétés, Territoires et Développement  
Université du Québec à Rimouski

Nous tenons également à remercier les personnes qui ont commenté le document lors de la consultation.

Daniel Bolduc, directeur adjoint  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Geneviève Brisson, anthropologue  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Josée Chartrand, agente de planification, de programmation et de recherche  
Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec/  
Direction de santé publique

Équipe de santé environnementale  
Agence de la santé et des services sociaux de l'Estrie/Direction de santé publique et de l'évaluation

Claire Laliberté, conseillère scientifique  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Jean-Marc Leclerc, conseiller scientifique  
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie  
Institut national de santé publique du Québec

Jean-Pierre Vigneault, coordonnateur en santé au travail et en santé et environnement  
Agence de la santé et des services sociaux de Chaudière-Appalaches/Direction de santé publique et de l'évaluation

## TABLE DES MATIÈRES

<b>LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES.....</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>1 EFFETS SOCIAUX ET COMMUNAUTAIRES ENTOURANT L'IMPLANTATION D'UN PARC ÉOLIEN.....</b>	<b>3</b>
1.1 Concepts : capital social et acceptabilité sociale.....	3
1.2 Préoccupations pour la santé : acceptabilité sociale et impacts sur le capital social liés à l'implantation de projets éoliens .....	4
Références .....	9
<b>2 AIDE-MÉMOIRE - NOTIONS GÉNÉRALES SUR LE SON .....</b>	<b>11</b>
2.1 Physique du son .....	11
2.2 Mesure et description du son .....	13
Bibliographie .....	17
<b>3 LE BRUIT .....</b>	<b>19</b>
3.1 Description de la situation .....	19
3.2 Préoccupations pour la santé .....	20
3.3 En résumé .....	31
Références .....	33
<b>4 LES INFRASONS ET LES SONS DE BASSES FRÉQUENCES .....</b>	<b>37</b>
4.1 Infrasons : description de la situation .....	37
4.2 Infrasons : préoccupations pour la santé.....	37
4.3 Sons de basses fréquences : description de la situation.....	38
4.4 Sons de basses fréquences : préoccupations pour la santé .....	39
4.5 En résumé .....	40
Références .....	41
<b>5 L'EFFET STROBOSCOPIQUE ET LES OMBRES MOUVANTES.....</b>	<b>43</b>
5.1 Préoccupations pour la santé .....	43
5.2 En résumé .....	45
Références .....	47
<b>6 NUISANCES EN PHASE DE CONSTRUCTION ET SÉCURITÉ.....</b>	<b>49</b>
6.1 Nuisances en phase de construction : description de la situation .....	49
6.2 Sécurité au travail et sécurité publique : description de la situation .....	49
6.3 En résumé .....	52
Références .....	53

<b>7</b>	<b>LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES .....</b>	<b>55</b>
7.1	Champs électriques : description de la situation et préoccupations pour la santé.....	55
7.2	Champs magnétiques : description de la situation.....	56
7.3	Champs magnétiques : préoccupations pour la santé .....	57
7.4	Autres considérations sanitaires .....	58
7.5	En résumé .....	59
	Références .....	61
	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>63</b>
	Références .....	67
<b>ANNEXE 1</b>	<b>EXEMPLES DE FICHE D'INFORMATION À LA POPULATION.....</b>	<b>69</b>
<b>ANNEXE 2</b>	<b>EXEMPLES DE QUESTIONS POSÉES LORS D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR DES PROJETS DE PARCS ÉOLIENS AU QUÉBEC .....</b>	<b>75</b>
<b>ANNEXE 3</b>	<b>LISTE DES LECTURES LES PLUS PERTINENTES POUR CHAQUE SUJET .....</b>	<b>81</b>



## LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

Tableau 1	Types d'opposition à un projet spécifique.....	5
Tableau 2	Effets liés à l'exposition prolongée au bruit, classification de l'évidence d'une relation de causalité et valeurs seuil observées .....	22
Tableau 3	Niveaux sonores maximums des sources fixes.....	27
Tableau 4	Critères de niveaux de bruit des éoliennes du ministère de l'Environnement de l'Ontario.....	28
Tableau 5	Recommandations de limites d'exposition aiguë dans le cas d'un courant alternatif à 60 Hertz .....	57
Figure 1	Échelle des fréquences sonores.....	12
Figure 2	Représentation graphique de l'émergence.....	15
Figure 3	Regroupement des fréquences autour d'une fréquence centrale.....	16
Figure 4	Modèle théorique de la relation entre l'exposition et la réponse.....	23
Figure 5	Comparaison des courbes dose-réponse estimées de la nuisance due aux bruits des transports aérien, routier et ferroviaire et des éoliennes .....	25



## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ACGIH	American conference of governmental industrial hygienists
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie de France
afssset	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
BAPE	Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
CanWEA	Association canadienne de l'énergie éolienne
CIPRNI	Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
CREBSL	Conseil régional de l'environnement du Bas-St-Laurent
EDC	Électricité de France
IEEE	Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens
MAMR	Ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec
MRC	Municipalité régionale de comté
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux
MW	Mégawatt
OMS	Organisation mondiale de la Santé
RCI	Règlement de contrôle intérimaire
SAD	Schéma d'aménagement et de développement
TNCSE	Table nationale de concertation en santé environnementale
UQAR	Université du Québec à Rimouski
ZDE	Zone de développement éolien



## INTRODUCTION

Depuis quelques années, la production d'énergie éolienne se développe considérablement au Québec. En effet, dans la stratégie énergétique 2006-2015, le gouvernement du Québec mise sur la production d'énergie renouvelable, dont l'énergie éolienne en complément de l'hydroélectricité. L'objectif gouvernemental est de 4 000 mégawatts (MW) d'ici 2015. Les appels d'offres lancés par Hydro-Québec Distribution en 2003 et en 2005 contribuent à la stratégie avec respectivement 1 000 MW et 2 000 MW. Tandis que le premier appel d'offres était destiné précisément à la région de la Gaspésie et à la municipalité régionale de comté (MRC) de Matane, le deuxième a été adressé à toutes les régions. Un appel d'offres ultérieur d'un bloc de 500 MW sera réservé aux projets des régions et des nations autochtones. Les projets individuels quant à eux seront limités à 25 MW pour favoriser la participation directe des petites communautés. À titre d'exemple, le parc éolien de Carleton en exploitation depuis 2008 compte 73 éoliennes de 1,5 MW, pour une puissance installée de 109,5 MW<sup>a</sup>.

En plus des autres exigences à respecter, lorsqu'ils sont de plus de 10 MW, les projets retenus par Hydro-Québec Distribution doivent faire l'objet d'une étude afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et les collectivités. Cette étude doit être réalisée selon la directive émise par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP)<sup>b</sup>. Les projets de moins de 10 MW ne sont pas soumis à cette procédure, mais doivent notamment obtenir une autorisation d'une direction régionale du MDDEP.

Aussi, lorsque des organismes ou citoyens en font la demande, un projet peut faire l'objet d'une audience publique par le Bureau d'audiences publiques sur l'environnement (BAPE). À la suite des audiences, le BAPE émet des recommandations quant aux conditions de réalisation du projet qui tiennent compte des préoccupations soulevées par les organismes et la population locale<sup>c</sup>. Si le projet est jugé acceptable par le BAPE et autorisé par le ministre, les recommandations sont prises en considération lors de l'émission du certificat d'autorisation au promoteur.

D'autre part, les MRC peuvent statuer sur certains aspects du développement éolien sur leur territoire notamment, la protection du paysage et les distances minimales des zones vulnérables, à l'aide d'un règlement de contrôle intérimaire (RCI) et du schéma d'aménagement et de développement (SAD).

L'arrivée d'un parc éolien soulève des préoccupations pour la santé et des craintes chez la population qui proviennent par exemple d'informations diffusées par les médias, par la communauté scientifique, par Internet ou par des groupes de promotion ou de critique du développement éolien. Au Québec, selon un sondage effectué en 2007 par la firme Multi Réso, 18 % des gens interrogés sont assez ou très d'accord avec l'énoncé « vivre près d'un parc d'éoliennes peut représenter des risques pour la santé » tandis que 72 % sont très

---

<sup>a</sup> Site Internet du ministère des Affaires municipales et des Régions sur l'énergie éolienne.  
<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/energie/eolien>.

<sup>b</sup> Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de parc éolien du MDDEP.  
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/evaluations/documents/Eolien.pdf>.

<sup>c</sup> Rapports du BAPE sur les projets de parc éolien.  
<http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/rapports/themes/eoliennes.htm>.

ou assez en désaccord avec l'énoncé. Le reste des personnes interrogées (10 %) ne sait pas. Le sondage a été réalisé auprès de 500 répondants demeurant à 10 km ou moins d'un parc éolien, dont 44 % ont indiqué qu'ils peuvent voir des éoliennes de l'extérieur de leur résidence<sup>a</sup>.

Les directions régionales de santé publique sont appelées à participer à diverses étapes du processus de planification d'un projet de parc éolien à titre de représentant du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Elles sont ainsi amenées à analyser certains documents tels que les études d'impacts, les RCI et les SAD des MRC. Afin de les soutenir dans ces démarches, la Table nationale de concertation en santé environnementale (TNCSE) a mis sur pied le comité éoliennes. Ce groupe de travail est chargé de produire des outils visant à aider les directions de santé publique à répondre de façon harmonisée aux demandes portant sur les éoliennes.

Le présent rapport a été produit en vue de fournir l'information la plus complète aux directions régionales de santé publique. Les sujets qui y sont abordés ont été identifiés selon les préoccupations ou inquiétudes soulevées par la population en matière de santé lors d'audiences publiques ou lors de demandes d'informations adressées aux directions de santé publique, ou selon les problématiques potentielles perçues par les membres du comité. Ces sujets comprennent les effets sociaux et communautaires entourant l'implantation d'un parc éolien (chapitre 1), le bruit (chapitre 3), les infrasons et les sons de basses fréquences (chapitre 4), l'effet stroboscopique ou les ombres mouvantes (chapitre 5), les nuisances en phase de construction et la sécurité (chapitre 6) et les champs électromagnétiques (chapitre 7). Les chapitres 1 et de 3 à 7 sont généralement présentés selon la structure suivante : description de la situation, préoccupations pour la santé et résumé. Afin d'aider les intervenants dans la compréhension des notions générales liées au son, un aide-mémoire a été préparé et se trouve au chapitre 2.

Le comité propose également des outils d'accompagnement des directions de santé publique lors des audiences publiques, soit des exemples de fiches d'information à la population (annexe 1). Il a également préparé une liste d'exemples de questions telles qu'elles sont posées par la population (annexe 2). Enfin, le comité a aussi sélectionné les lectures les plus pertinentes pour la compréhension des différents sujets abordés (annexe 3).

La recherche d'informations a été effectuée de janvier à décembre 2008 à l'aide de bases de données telles que *Pubmed* et *Ebsco* et d'outils de recherche Internet. Des documents ont aussi été proposés par les personnes-ressources consultées. Les informations rassemblées par le comité ont donc été recueillies dans des revues scientifiques, des présentations lors de conférences, des documents d'organismes gouvernementaux québécois, canadiens, étrangers et internationaux, auprès d'experts de certains domaines spécifiques et dans différents sites Internet. Le présent document n'est pas une revue de littérature systématique, exhaustive et critique.

---

<sup>a</sup> Multi Réso (2008) Les éoliennes : c'est bon et c'est beau!, bulletin Enerview, multi réso et senergis, 6 p.

# 1 EFFETS SOCIAUX ET COMMUNAUTAIRES ENTOURANT L'IMPLANTATION D'UN PARC ÉOLIEN

Les impacts psychologiques et sociaux possibles découlant des risques environnementaux sont nombreux. Ils peuvent être regroupés sous le vocable des impacts à la qualité de vie générale. Ce concept est en lien avec la définition de la santé proposée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) stipulant que la santé est un état de bien-être physique, mental et social<sup>1</sup>.

L'état de bien-être mental réfère aux émotions, aux fonctions cognitives, aux états psychologiques et aux effets liés à l'humeur, et aux comportements individuels. Dans le cas des éoliennes, l'impact psychologique possible est particulièrement lié aux nuisances et est abordé dans les chapitres suivants.

L'arrivée d'une nouvelle infrastructure ou entreprise au sein d'une communauté peut entraîner divers impacts sociaux. L'intervention en santé publique doit ainsi accorder une plus grande importance aux effets sociaux. De plus, les opinions variées à l'égard de l'implantation d'un parc éolien dans une communauté et l'implication de groupes plus ou moins structurés ou de citoyens dans ce débat amènent à s'intéresser à cet aspect.

Le présent chapitre concerne les effets sociaux pouvant résulter d'un projet éolien. Dans un premier temps, la présentation des concepts liés à l'état de bien-être social permet de définir brièvement les sujets abordés. Les facteurs ayant un effet sur l'état de bien-être social associés à l'implantation de projets éoliens sont ensuite traités.

## 1.1 CONCEPTS : CAPITAL SOCIAL ET ACCEPTABILITÉ SOCIALE

Les aspects sociaux de la qualité de vie se décrivent entre autres par la cohésion entre les membres d'une communauté et par les structures et réseaux sous-tendant ces liens, souvent nommés « capital social »<sup>2</sup>. On réfère alors à la confiance établie entre les gens et envers les institutions, au partage équitable et à la capacité de travailler pour le bien commun (*empowerment*). L'acceptabilité sociale est souvent jointe à ces analyses. Bien que cette notion ne soit pas définie avec précision<sup>3</sup>, elle introduit l'idée d'un état de stabilité sociale issue d'une délibération au sein de la communauté concernée<sup>4</sup>.

La perception du risque fait aussi partie des éléments qui interagissent dans la manifestation d'effets sociaux et communautaires. Pour certains auteurs, la perception du risque peut mener à une différence d'appréciation entre les personnes concernées, et notamment entre les scientifiques et les citoyens. Selon les approches théoriques, ces variations sont parfois interprétées comme une « amplification sociale du risque »<sup>5</sup>, ou alors comme une diversité dans la définition de ce qui constitue le risque et les réponses à y apporter<sup>6</sup>. D'autres facteurs, tels que l'état de santé initial des personnes touchées, les déterminants sociaux de la santé ou le contexte d'implantation du projet, influent aussi sur les manifestations individuelles et sociales; il ne faudrait donc pas les réduire à la seule dimension perceptuelle.

## 1.2 PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ : ACCEPTABILITÉ SOCIALE ET IMPACTS SUR LE CAPITAL SOCIAL LIÉS À L'IMPLANTATION DE PROJETS ÉOLIENS

Les liens sociaux, la perception du risque et l'acceptabilité sociale interagissent étroitement dans les manifestations sociales entourant le développement éolien. Depuis 2007, l'Unité de recherche sur le développement territorial durable et la filière éolienne de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR)<sup>a</sup> se penche sur l'acceptabilité sociale des installations éoliennes. Cette équipe a complété une recension analytique des écrits scientifiques et a identifié plus de dix facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale. Ces facteurs ont été regroupés en quatre catégories, soit ceux liés à la filière éolienne, au projet spécifique, au processus décisionnel et au milieu social. L'implantation de parcs éoliens peut également avoir des impacts sur le capital social des communautés concernées. Selon les recherches effectuées dans le cadre du présent document, les écrits scientifiques à ce sujet sont peu nombreux.

Les paragraphes qui suivent présentent les facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale identifiés par l'Unité de recherche de l'UQAR, ainsi que les facteurs ayant un impact sur le capital social, classés par catégorie.

### Facteurs liés à la filière éolienne

La première catégorie de facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale regroupe les facteurs liés à la filière éolienne, dont l'attitude initiale dans l'opinion publique envers l'énergie éolienne<sup>3,7</sup>. Plusieurs auteurs se sont questionnés sur le décalage entre l'attitude généralement positive de l'opinion publique face à l'énergie éolienne et l'opposition souvent soulevée dans les communautés face au développement d'un projet spécifique. Le phénomène « pas dans ma cour » est évoqué pour expliquer l'opposition locale à certains projets<sup>8,9,10</sup>. Toutefois, cette explication est contestée par plusieurs auteurs<sup>11,7,3</sup>. Une attitude « pas dans ma cour » représente une opposition soulevée pour des « considérations liées à la sauvegarde d'intérêts personnels suivant une évaluation des pertes et des bénéfices »<sup>3</sup>. La principale raison de la contestation de l'explication « pas dans ma cour » est la distinction entre les oppositions pour des motifs d'intérêts personnels et celles attribuables à d'autres causes, par exemple la technologie en tant que telle, les caractéristiques du projet ou le processus de planification<sup>3</sup>. Wolsink a d'ailleurs observé que le refus de l'implantation d'éoliennes dans l'entourage n'est pas nécessairement une question d'égoïsme, mais serait plutôt associé à une perception d'inégalité et d'injustice<sup>1</sup>. Ce même auteur a identifié quatre types d'opposition à un projet spécifique d'implantation d'éoliennes, dont une seule

---

<sup>a</sup> À l'automne 2008, cette équipe termine son premier projet intitulé « Des installations éoliennes socialement acceptables : élaboration et évaluation d'un modèle ». Les objectifs du projet sont d'« analyser la problématique de l'intégration de parcs éoliens dans le développement économique et social des collectivités » et de « proposer un ou des modèles d'implantation de parcs éoliens, basés sur le suivi des pratiques en terme d'acceptabilité sociale »<sup>12</sup>. En plus de la recension d'écrits, l'équipe a réalisé une recension des préoccupations exprimées lors d'enquêtes et d'audiences publiques du BAPE de trois projets éoliens québécois<sup>3</sup>. Enfin, le groupe a défini et validé, à l'aide de cas variés d'implantation réalisée ou projetée, des voies de modélisation afin d'identifier les éléments d'un processus durable et favorisant le développement des communautés<sup>12</sup>. La publication du rapport de ce premier projet a eu lieu en mai 2009 (offert sur internet au <http://www.uqar.quebec.ca/crdt/fr/frames.html>). Lors de la rédaction du présent document, le comité éoliennes de la TNCSE a pu consulter un extrait du document interne de l'unité de recherche avant la publication officielle du rapport final.



correspond au phénomène « pas dans ma cour »<sup>11</sup>. Ainsi, il montre la relation entre la perception initiale de la filière et la perception négative d'un projet spécifique pour quatre causes (tableau 1). Selon lui, considérant l'attitude comme généralement positive face à la filière éolienne, la résistance aux projets éoliens correspond principalement aux types 3 et 4. L'auteur souligne par ailleurs que ces situations peuvent s'appliquer à d'autres projets d'aménagement.

**Tableau 1 Types d'opposition à un projet spécifique**

Type d'opposition	Perception de la filière éolienne	Cause	Perception du projet spécifique
1	Positive	« Pas dans ma cour »	Négative
2	Négative	Opposition de principes qui se répercute sur les projets spécifiques	Négative
3	Positive	Changement de la perception à la suite d'un débat public	Négative
4	Positive	Plans de conception déficients	Négative

Source : Wolsink 2007; Saucier, 2007.

Le cadre institutionnel du développement de la filière éolienne est aussi un facteur constitutif de l'acceptabilité sociale et peut influencer les effets sur le capital social<sup>3,7,13,14,15</sup>. Les stratégies d'implantation de l'énergie éolienne, lorsqu'axées sur le plus bas coût d'achat, peuvent favoriser des projets de grande envergure, concentrés dans les secteurs les plus ventés. Ce type de projet est susceptible de soulever davantage d'opposition<sup>3</sup>.

D'autre part, il est possible que l'absence d'un tel cadre entraîne des inquiétudes chez la population. L'équipe de l'UQAR a observé, à la suite de la recension des préoccupations exprimées lors d'enquêtes et d'audiences publiques, que cette absence perçue de cadre institutionnel a été déplorée par certains intervenants, et que le fondement politique de la décision est parfois critiqué<sup>3</sup>. Ces réactions peuvent être interprétées comme un manque de confiance envers les institutions et la démocratie. La perception d'une absence d'encadrement institutionnel est susceptible de créer de l'incertitude dans la population. D'ailleurs, en France, l'adoption de règles d'implantation, particulièrement au niveau des zones de développement éolien (ZDE), a eu pour effet de mieux encadrer et de réduire cette incertitude autant chez la population que chez les promoteurs. Elles ont même favorisé de meilleures résolutions de conflits et un réseautage entre les acteurs<sup>14</sup>.

### **Facteurs liés au projet spécifique**

La deuxième catégorie de facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale regroupe les facteurs liés au projet spécifique<sup>3</sup>. Les impacts appréhendés des projets sur le paysage, en raison de leur envergure et leur localisation, jouent un rôle important dans l'acceptabilité sociale. Wolsink a d'ailleurs observé que l'évaluation de l'impact visuel du développement éolien sur la valeur du paysage est un facteur dominant expliquant pourquoi certains s'y opposent et

d'autres le soutiennent<sup>11</sup>. Cela dit, il existe peu d'évidence que les éoliennes soient universellement perçues comme étant laides<sup>7</sup>. En effet, les opinions divergent à ce sujet et dépendent beaucoup du type de paysage<sup>11</sup>. Il n'est cependant pas prouvé que les résidents habitant plus près des parcs aient davantage une perception négative des éoliennes<sup>7</sup>.

Les retombées économiques des projets sont susceptibles d'engendrer des impacts sociaux positifs sur les plans individuel et collectif. Des mesures maximisant ces retombées à l'échelle locale accroissent alors l'acceptation des projets. La création d'emploi, les retombées économiques découlant de l'achat de biens et de services, les redevances versées aux communautés locales<sup>a</sup> pour la réalisation de projets sociaux en sont des exemples. Ces impacts peuvent également être liés aux redevances versées aux propriétaires pour l'usage de leur terrain ainsi qu'aux personnes du voisinage touchées par la présence d'éoliennes<sup>3</sup>.

L'origine et le contrôle local des projets sur le plan financier sont aussi des facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale<sup>3,16,7</sup>. Par exemple, au Japon, où le développement communautaire de projets éoliens favorise la participation et l'engagement, l'implication économique des communautés locales dans les projets éoliens devient un facteur ayant un impact positif sur la perception et l'acceptabilité du projet<sup>16</sup>. De plus, cette implication financière de la population japonaise dans les projets a favorisé l'émergence d'un mouvement social caractérisé notamment par la création de relations entre les gens d'une communauté locale et les gens à l'extérieur de cette communauté. Les gens participent alors à ces projets en raison d'une combinaison de motivations environnementales, économiques et sociales<sup>16</sup>.

### **Facteurs liés au processus décisionnel**

Toujours selon l'Unité de recherche de l'UQAR, la troisième catégorie de facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale regroupe les facteurs liés au processus décisionnel, particulièrement à la participation des parties prenantes à la planification du projet<sup>3,17</sup>. Ces parties font référence aux acteurs et aux réseaux sociaux du milieu. Toutefois, il n'y a pas d'automatismes dans ce domaine. En effet, la présence ou l'absence de réseaux stables d'appui ou d'opposition ne décide pas nécessairement de la conclusion ou de la perception du projet. Cela dit, les moyens de participation mis en œuvre peuvent avoir une influence sur les interactions entre les parties prenantes<sup>3</sup>. Les acteurs ont des préoccupations de contenu (justice distributive) et de processus (justice procédurale) influençant la légitimité et l'équité de la décision<sup>12</sup>.

Le processus décisionnel peut avoir un impact sur le capital social des communautés concernées. En effet, il est possible qu'il soit critiqué quant à l'information et la consultation tardives ou insuffisantes du public et la participation au suivi de l'exploitation<sup>3</sup>. Ces préoccupations s'interprètent souvent comme un manque de confiance envers les institutions et la démocratie. Selon Gross, un sentiment d'injustice peut également être lié à un processus décisionnel jugé défectueux par exemple quant à la consultation, l'écoute, la capacité de participer, la disponibilité d'une information adéquate ou l'impartialité des

---

<sup>a</sup> Au Québec, ces redevances prennent la forme de contributions volontaires versées par les promoteurs aux municipalités locales.

acteurs<sup>18</sup>. Également, le partage des ressources se retrouve au cœur de ces controverses. Des décisions concernant l'utilisation de ressources naturelles ou le développement d'infrastructures peuvent porter atteinte au bien-être social d'une communauté lorsque les résultats sont perçus comme injustes. Une injustice serait perçue lorsque les bénéficiaires profitent à une partie de la communauté au détriment d'une autre. Il peut alors en résulter des protestations, des relations endommagées et des communautés divisées<sup>18</sup>. Toutefois, il a été observé qu'un contexte de planification à participation réelle et élevée du public serait vraisemblablement associé à un niveau plus bas de conflits sociaux<sup>7</sup>.

### **Facteurs liés au milieu social**

Enfin, la quatrième catégorie de facteurs constitutifs de l'acceptabilité sociale, selon le groupe de l'UQAR, regroupe les facteurs liés aux caractéristiques du milieu social. Il s'agit de l'historique du territoire, par exemple de controverses environnementales ou de changements vécus par les communautés<sup>3</sup>, ou du contexte socioculturel<sup>7</sup>. Le capital social territorial peut aussi influencer l'acceptabilité sociale, notamment par la capacité des communautés à résoudre des problèmes et des divergences<sup>3</sup>. L'influence du réseau social par exemple l'opinion de proches vivant dans l'entourage, joue également un rôle important dans la perception d'un projet<sup>7</sup>.

À la suite de la recension des préoccupations exprimées lors d'enquêtes et d'audiences publiques, l'équipe de l'UQAR a constaté que l'implantation des projets éoliens sont susceptibles d'entraîner des divisions et des controverses au sein des communautés québécoises touchées. Les chercheurs ont noté que, dans certains cas,

*« la répartition des avantages et des inconvénients entre ses membres constitue une source de conflit. Aussi, des intervenants ont décrit la difficulté de la cohabitation entre les résidents qui retirent des bénéfices du fait de l'installation d'éolienne sur leur propriété et leurs voisins qui, d'accord ou pas, en subissent les inconvénients sans recevoir aucune compensation »<sup>3</sup>.*

Comme ce peut être le cas dans les projets éoliens, des divisions dans les communautés locales surviennent fréquemment lorsqu'il y a des points de vue conflictuels sur des valeurs ou des droits, ou des intérêts conflictuels pour l'usage du territoire ou pour la gestion des ressources naturelles<sup>18</sup>. En effet, les motivations d'appuyer ou de s'opposer à un projet éolien peuvent refléter des valeurs ou des convictions profondes<sup>19</sup>. Pour un projet particulier, Gross a observé que la disparité des points de vue et les différents degrés de pouvoir des intervenants ont amené des tensions et des divisions dans la communauté<sup>18</sup>.



## RÉFÉRENCES

1. Fayers, P.F., Machin, D. (2001) *Quality of life: Assessment, Analysis and Interpretation*. New York, John Wiley and Sons, LTD.
2. Lin, N. (2001) *Social Capital a Theory of Social Structure and Action*, Cambridge, Cambridge University Press.
3. Saucier, C., Côté, G., Fortin, M.-J., Jean, B., Lafontaine, D., Feurtey, É., Guillemette, M., Méthot, J.-F. et Wilson, J. (2007) *Développement territorial et filière éolienne - Des installations éoliennes socialement acceptables : élaboration d'un modèle d'évaluation de projets dans une perspective de développement territorial durable*, Extrait du premier rapport d'étape, Document interne, Université du Québec à Rimouski, Publication du rapport final à l'hiver 2009.
4. Borraz, O. et Salomon, D. (2002) « Reconfiguration des systèmes d'acteurs et construction de l'acceptabilité sociale », dans C. Gilbert (2002), *Risques collectifs et situations de crise : apports de la recherche en sciences humaines et sociales*. Paris : L'Harmattan, pp. 145-156.
5. Rosa, dans N. Pidgeon *et al.* (2003) *The social amplification of risk*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 50.
6. Joffe, H. (1999) *Risk and the Other*, Cambridge : Cambridge University Press:
7. Devine-Wright, P. (2005) *Beyond NIMBYism : towards an intergrated framework for understanding public perceptions of wind energy*, *Wind Energy*, vol. 8, p.125-139.
8. Gipe P. (1995) *Wind Energy Comes of Age*; John Wiley & Sons: New York.
9. Kaldellis, J.K. (2005) « Social attitude towards wind energy applications in Greece ». *Energy Policy*, p. 596-602.
10. Lyrette, É. (2003) *La dynamique sociale entourant l'implantation d'une infrastructure majeure : le cas du parc éolien Le Nordais*. Mémoire (M. Sc.), Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 176 p.
11. Wolsink, M. (2007) *Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of "backyard motives"*, *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 11, p. 1188-1207.
12. Saucier, C. et Côté, G. (2008) *Développement territorial et filière éolienne*. Communication au Colloque sur l'industrie éolienne : Développer, innover et exporter, TechnoCentre éolien, Matane, Mai.
13. Wolsink, M. (2000) *Wind power and the NIMBY-myth: institutional capacity and the limited significance of public support*, *Renewable energy*, vol. 21, p. 49-64.
14. Jobert, A., Laborgne, P. et Mimler, S. (2007) *Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies*, *Energy Policy*, vol. 35, p. 2751-2760.

15. Nadaï, A. (2007) "Planning", "siting" and the local acceptance of wind power: Some lessons from the French case, *Energy Policy*, vol. 35 no 5, p. 2715-2726.
16. Maruyama, Y., Nishikido, M et Iida, T. (2007) The rise of community wind power in Japan: Enhanced acceptance through social innovation, *Energy Policy*, vol. 35, p. 2761-2769.
17. McLaren Loring, J. (2007) Wind energy planning in England, Wales and Denmark: Factors influencing project success, *Energy Policy*, vol. 35, p. 2648-2660.
18. Gross, C. (2007) Community perspectives of wind energy in Australia: The application of a justice and community fairness framework to increase social acceptance, *Energy Policy*, vol. 35, p. 2727-2736.
19. Ellis, G., Barry, J. et Robinson, C. (2007) Many ways to say "no", different ways to say "yes": Applying Q-methodology to understand public acceptance of wind farm proposals, *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 50 no 4, p. 517-551.

## 2 AIDE-MÉMOIRE - NOTIONS GÉNÉRALES SUR LE SON

Cet aide-mémoire a pour but d'aider à la compréhension des différentes lectures sur le son des éoliennes. Il décrit les principales notions liées au son rencontrées dans le présent document et dans d'autres textes sur le sujet.

### 2.1 PHYSIQUE DU SON

#### Amplitude

Le son est une variation de pression qui se propage dans un milieu créant une onde sonore. La pression oscille entre un maximum et un minimum, et la moitié de la distance qui les sépare est définie comme l'amplitude de l'onde sonore. Pour une même fréquence, plus une source sonore est puissante, plus l'amplitude du son est grande et plus le son est fort et son intensité élevée.

#### Décibel (dB)

Le décibel est l'unité de mesure du niveau sonore. L'oreille humaine détecte les variations de pression allant de  $2 \times 10^{-5}$  à 100 pascals (Pa) environ. L'utilisation d'une échelle logarithmique, en décibel (dB), permet de réduire cette échelle étendue de pression acoustique. L'oreille répond aux stimuli sur un mode logarithmique et non sur un mode linéaire. Pour une même fréquence, plus une onde sonore a une grande amplitude, plus sa mesure en dB sera élevée. Une mesure exprimée en dB (ou dB (L)) équivaut à une mesure sans pondération.

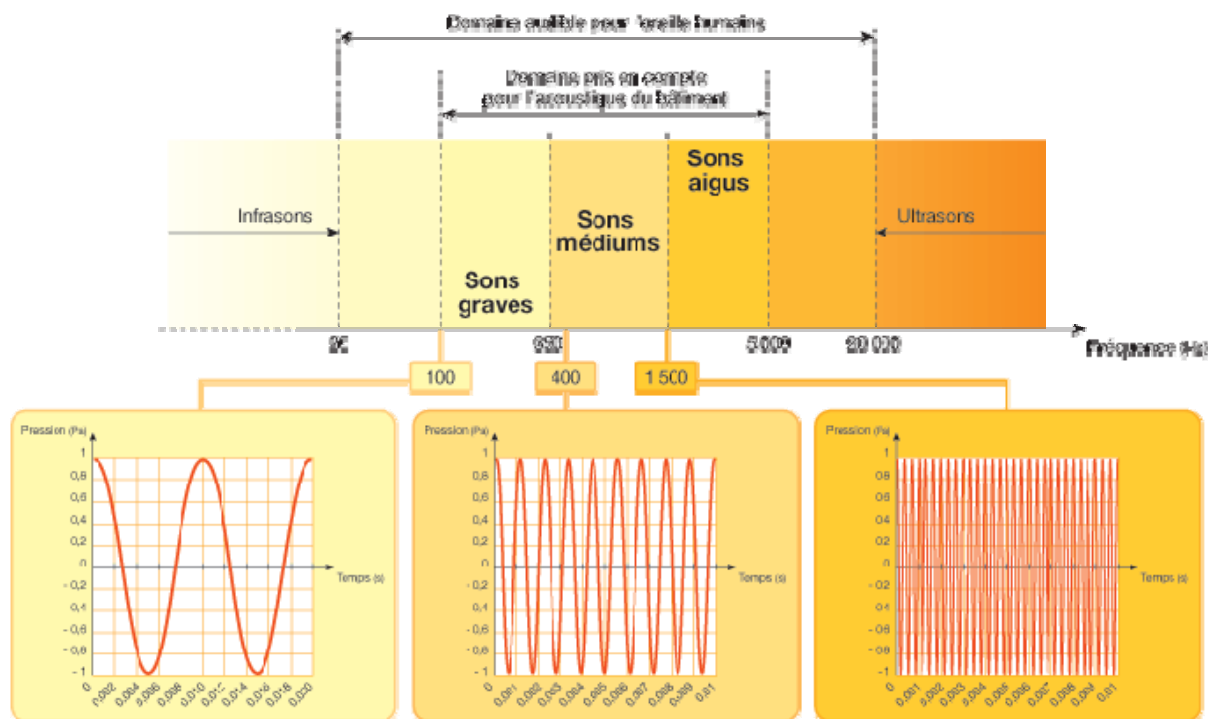
En général, pour l'humain et à une fréquence de 1 000 Hz, les sons audibles se situent entre 0 dB (seuil d'audibilité moyen) et 130 dB (seuil de la douleur et au-delà). Une augmentation de 3 dB correspond à un doublement de l'intensité acoustique. Cependant, la perception auditive humaine fait en sorte qu'un son dont l'intensité augmente de 10 dB est perçu comme étant deux fois plus fort et vice-versa. Le plus faible changement audible est de l'ordre de 1 dB. Ainsi, généralement, un changement de 1 dB se veut à peine perceptible par l'oreille humaine, un de 3 dB, perceptible, un de 6 dB, net et un de 10 dB, flagrant.

#### Décibel A (dB(A))

Le décibel A (dB(A)) est une unité de mesure exprimant le niveau sonore mesuré à l'aide du filtre A. Ce filtre correspond à la courbe de pondération fréquentielle A qui représente approximativement la sensibilité du système auditif selon la fréquence du son. En effet, la sensibilité de l'oreille est différente selon la fréquence. Par exemple, l'oreille est moins sensible aux fréquences basses, comprises entre 20 et 400 Hz, qu'aux fréquences moyennes. Le dB(A), bien qu'imparfait, permet de tenir compte de la sensibilité naturelle de l'oreille humaine, reflète mieux la sensation de bruit ressentie au niveau auditif. La pondération fréquentielle A est généralement utilisée pour évaluer toutes les sources de bruits, mis à part les bruits impulsionnels de niveau élevé et les bruits avec un fort contenu en basses fréquences.

## Fréquence

Le son est aussi caractérisé par une fréquence, c'est-à-dire le nombre de fluctuations de la pression acoustique ou d'oscillations de l'onde sonore, par seconde. Cette fréquence est exprimée en hertz (Hz ou  $s^{-1}$ ), 100 Hz correspond à 100 oscillations par seconde. La fréquence d'un son est perçue par l'oreille humaine comme sa tonie (hauteur) : plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu et plus la fréquence est basse, plus le son est grave. La figure 1 montre l'échelle des fréquences sonores. Bien que la sensibilité humaine au son varie considérablement d'une personne à l'autre, l'oreille humaine reste généralement sensible à des sons compris entre 20 et 20 000 Hz. La capacité auditive humaine de percevoir les sons n'est pas uniforme pour toutes les fréquences. Généralement, un son ayant une fréquence de 20 Hz est détecté à partir de 79 dB(L), alors qu'un son de 16 000 Hz s'entend à partir d'environ 13 dB(L). Le seuil d'audition pour une fréquence de 1 000 Hz est d'environ 0 dB(L).



Source : Notions et norme acoustique, Spectra, <http://www.spectra.fr/notions-norme-acoustique-r9.html>.

**Figure 1** Échelle des fréquences sonores

## Infrason

Un infrason correspond à une onde sonore ayant une fréquence inférieure à environ 20 Hz (voir figure 1). Lorsque l'intensité d'un infrason est grande, il peut être détecté comme une vibration ou une pression de l'air. En général, la détection des ondes sonores de fréquences inférieures à 20 Hz par l'humain nécessite une intensité supérieure à 79 dB(L). À 8 Hz, le niveau de détection passe à 100 dB(L). Les sources naturelles d'infrasons comprennent notamment les vagues, le tonnerre et le vent. Certains pays utilisent la pondération G pour évaluer les infrasons.



## Son

Le son est une variation de pression qui se propage dans un milieu (l'air, l'eau ou tout autre milieu) créant une onde sonore décelable à l'oreille. Il est aussi défini comme la sensation produite dans l'appareil auditif par une vibration de l'air dite « acoustique ».

### Son de basses fréquences

Les sons de basses fréquences sont compris entre 20 et 200 Hz. Lorsque leur intensité est suffisamment élevée, la distance de propagation peut être très importante. À titre d'illustration, les basses fréquences sont souvent associées au bruit urbain causé par la circulation routière ou le transport aérien ainsi que le bruit provenant de chantiers de construction, de postes de transformation électrique, d'appareils de ventilation, de climatisation ou de compresseurs.

L'analyse par bande de fréquences est parfois utilisée pour évaluer les bruits présentant un contenu important en basses fréquences. Un filtre C, représentant la courbe de pondération C, qui tient compte de la sensibilité différente de l'oreille humaine pour les basses fréquences, sert quelques fois à mesurer des sons de forte intensité ou de fréquences très basses. Dans la pratique, le dB(C) est surtout utilisé conjointement au dB(A) pour le calcul de l'indice harmonique ( $L_A - L_C$ ).

## 2.2 MESURE ET DESCRIPTION DU SON

### Addition du son

Puisque l'échelle de décibels est logarithmique, les niveaux de son en décibel ne peuvent pas être directement additionnés. Ils doivent être d'abord convertis en valeurs linéaires. Ces valeurs sont alors additionnées pour ensuite revenir à une valeur logarithmique en décibel. La formule en décibel se définit comme suit :

$$\text{Niveau résultant} = 10 \log (10^{A/10} + 10^{B/10} + 10^{C/10})$$

Par exemple, pour deux sons identiques de 54 dB :

$$\text{Niveau résultant} = 10 \log (10^{54/10} + 10^{54/10}) = 57 \text{ dB}$$

En conclusion, l'addition de deux sources de niveau sonore identique conduit à un doublement de l'intensité sonore, soit une augmentation de 3 dB sur l'échelle logarithmique.

### Audibilité

L'audibilité est la propriété pour un son d'être détecté par l'oreille.

### Bruit

Le son, lorsque considéré comme indésirable ou, selon certaines sources, nocif pour la santé auditive, devient alors un bruit. Le bruit est un phénomène acoustique produisant une sensation auditive jugée gênante, désagréable ou traumatisante. Le son pour les uns peut se transformer en bruit pour les autres. Par contre, le bruit s'avère parfois agréable et synonyme de fête (par exemple, un feu d'artifice).

### **Bruit continu**

Un bruit continu est constant et stable. Il peut notamment provenir de machines fonctionnant sans interruption, toujours sur le même mode, par exemple un ventilateur ou une pompe.

### **Bruit fluctuant**

Le niveau sonore d'un bruit fluctuant varie de façon notable, mais pas de façon impulsionnelle, pendant une période d'observation.

### **Bruit impulsionnel**

Un bruit impulsionnel est caractérisé par de brèves augmentations du niveau sonore. Un bruit impulsionnel isolé dure généralement moins d'une seconde. Il peut s'agir de sources explosives, d'armes, de martelage, de claquement de portière de voiture, de jeux de ballons à l'extérieur (par exemple, le basketball) ou de cloches d'église.

### **Bruit intermittent**

Un bruit intermittent s'entend pendant certaines périodes seulement, à intervalles réguliers ou irréguliers. La durée de chaque occurrence est supérieure à environ cinq secondes. Le passage d'un véhicule la nuit sur une route généralement calme l'illustre bien.

### **Bruit initial**

Le bruit initial est le bruit ambiant avant la modification envisagée. Dans le cas d'un projet de parc éolien, il s'agit du bruit ambiant existant avant l'installation des éoliennes.

### **Bruit particulier**

Un bruit particulier est spécifiquement reconnu et associé à une source distinctive. Dans le cas d'un parc éolien, il s'agit du bruit émis par les éoliennes.

### **Bruit ambiant**

Le bruit ambiant est le niveau de bruit mesuré dans une situation donnée, à un instant donné. Il se compose de bruits émis par plusieurs sources sonores, proches ou éloignées, telles que les industries, les transports routier, ferroviaire et aérien, la faune, la végétation, le vent ou un cours d'eau. Il varie selon la période du jour et de l'année. Dans le cas d'un parc éolien, il s'agit du bruit total lors du fonctionnement des éoliennes.

### **Bruit résiduel**

Le bruit résiduel est le niveau de bruit ambiant en l'absence d'un bruit particulier, mesuré dans une situation donnée, à un instant donné. Dans le cas d'un parc éolien, il s'agit du bruit ambiant lorsque les éoliennes ne fonctionnent pas.

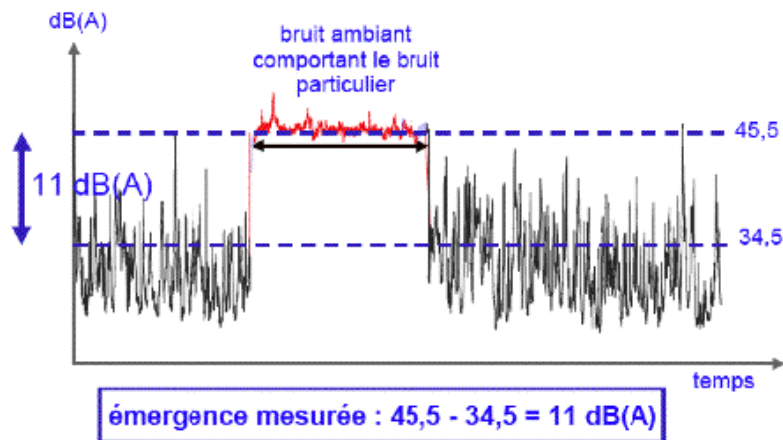
### **Émergence**

L'émergence est la différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel (voir figure 2). Elle est définie dans la norme internationale ISO 1996-1 : *Acoustique - Description, mesure et évaluation du bruit de l'environnement*. Dans le contexte d'un nouveau projet, l'émergence représente l'augmentation du bruit ambiant par

rapport au bruit initial. Dans le cas d'un parc éolien, il s'agit de l'augmentation du niveau de bruit attribuable aux éoliennes.

### Émergence spectrale

L'émergence spectrale est la différence arithmétique entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit résiduel pour une bande particulière de fréquences, par exemple une octave. Pour les sons ayant un contenu en basses fréquences, les valeurs des émergences spectrales diffèrent de l'émergence totale lorsque cette dernière est calculée à partir des valeurs pondérées selon la courbe A. Les différences se trouveront alors au niveau des bandes d'octaves situées dans les basses fréquences.



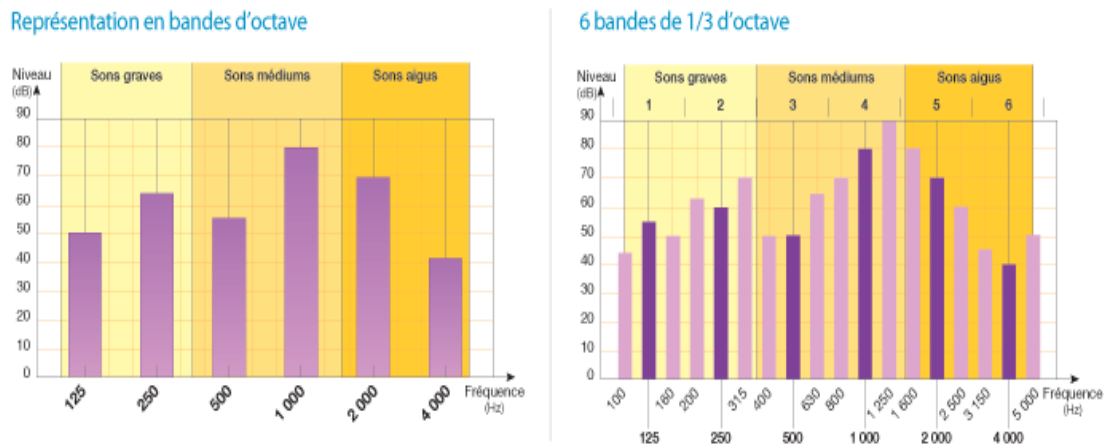
Source : Ministère de la Santé et des Solidarités de France, 2006.

**Figure 2 Représentation graphique de l'émergence**

### Spectre acoustique

Un bruit se compose souvent d'une superposition de sons de différentes fréquences. Le spectre acoustique est le niveau de dB pour chaque fréquence qui compose ce bruit. L'analyse du bruit peut être faite par bande de fréquences, souvent des octaves ou des tiers d'octaves. Une telle analyse prend davantage en considération la sensibilité de l'oreille humaine, qui est différente selon les fréquences, et identifie les fréquences cibles permettant une réduction du bruit.

Pour l'analyse par bandes d'octaves, on a recours à des filtres à largeur de bande d'une octave afin de déterminer l'intensité du son pour cette bande spécifique de fréquences. Une octave correspond à douze demi-tons ou notes sur l'échelle musicale. Les bandes d'octaves sont centrées sur les fréquences 31,5, 63, 125, 250, 500, 1 000, 2 000, 4 000 et 8 000 Hz. Pour l'analyse par bandes de tiers d'octaves, des filtres à largeur de bande de tiers d'octaves sont employés. Un tiers d'octaves correspond à quatre demi-tons ou notes sur l'échelle musicale. La figure 3 montre en graphiques la représentation des bandes d'octaves et de tiers d'octaves. La somme d'énergie de toutes les bandes d'octaves, c'est-à-dire le niveau global est noté L (pour « level »). À noter que « N » (pour niveau) est utilisé dans certains documents pour représenter le « L ».



Source : Notions et norme acoustique, Spectra, <http://www.spectra.fr/notions-norme-acoustique-r9.html>.

**Figure 3** Regroupement des fréquences autour d'une fréquence centrale

### Indice énergétique, niveau de pression acoustique continu équivalent ( $L_{eq}$ )

Pour un bruit variable perçu pendant un certain temps, le  $L_{eq}$  représente le niveau de bruit constant qui aurait été produit au cours de cette même période avec la même énergie. Il est une moyenne énergétique pour une période donnée et est exprimé en dB.

Le  $L_{eq}$  devient  $L_{Aeq}$  lorsqu'il repose sur des données corrigées en fonction de la pondération A (voir décibel A).

Parmi les unités de temps les plus fréquentes, il y a les périodes d'une heure et de 24 heures ( $L_{eq, 1h}$ ;  $L_{eq, 24h}$ ) qui deviennent alors des moyennes horaires ou journalières.

D'autres périodes de temps sont aussi utilisées comme le jour, le soir ou la nuit (par exemple, respectivement de 12, de 4 et de 8 heures). Ces mesures, auxquelles des termes correctifs peuvent être appliqués pour mieux tenir compte de la gêne ressentie en soirée ou durant la nuit, décrivent l'environnement sonore d'une collectivité. Ces indices sont alors appelés niveaux d'évaluation journaliers composites ( $L_{dn}$  : jour/nuit;  $L_{den}$  : jour/soirée/nuit), tels que décrits dans la norme ISO 1996-1.

### Indices statistiques $L_{90}$ , $L_{50}$ et $L_{10}$

Les indices statistiques ou niveau acoustique fractile (ISO-1996-2),  $L_{90}$ ,  $L_{50}$  et  $L_{10}$ , exprimés en dB, servent aussi à l'évaluation du bruit. Pour une mesure d'un bruit variable sur une période donnée, le niveau  $L_{90}$  est dépassé pendant 90 % du temps. Le niveau  $L_{50}$  l'est pendant 50 % du temps et  $L_{10}$ , pendant 10 % du temps. Les indices  $L_{90}$ ,  $L_{50}$  et  $L_{10}$  représentent respectivement les niveaux ambiant, médian et maximum. Lorsque ces indices sont utilisés pour des mesures pondérées selon la courbe A, elles sont notées  $L_{A90}$ ,  $L_{A50}$  et  $L_{A10}$ .

### Indice $L_{max}$

L'indice  $L_{max}$  s'emploie pour exprimer le niveau maximum mesuré durant un intervalle de temps donné. Il sert à considérer la présence d'événements bruyants en plus du bruit continu. La période de temps pour la mesure peut être très courte (ex. millisecondes).

## BIBLIOGRAPHIE

- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) (2008) Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes - État des lieux de la filière éolienne et propositions pour la mise en oeuvre de la procédure d'implantation. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, France, 116 p.
- Alberts, D. (2005) Primer for addressing wind turbine noise. Lawrence Technological University, Michigan, États-Unis, 21 p.
- Berglund, B., Lindvall, T. et Schwela, D.H. (1999) Guidelines for Community Noise. Organisation mondiale de la Santé (OMS), Geneva, 1999, 159 p.  
<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html> (consulté le 15 août 2008).
- Brüel & Kjaer (2001) Bruit de l'environnement. Brüel & Kjaer Sound & Vibration, Danemark, 67 p.
- Howe Gastmeier Chapnik Limited (2007) Les éoliennes et le bruit : Revue et recommandations de pratiques d'excellence. Ontario, Canada, 25 p. + annexes.
- Jakobsen, J. (2001) Danish guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration, *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, vol. 20 no 3, septembre, p. 141-148.
- International standard organization (ISO) (2003) Norme internationale ISO-1996-1 : 2003(F). Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement. Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation. Genève, 27 p.
- International standard organization (ISO) (1987) Norme internationale ISO-1996-2 : 1987(F). Acoustique – Caractérisation et mesurage du bruit de l'environnement. Partie 2 : saisie des données pertinentes pour l'utilisation des sols. Genève, 7 p.
- Leroux, T. et Gagné, J.-P. (2007) Évaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens. École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, 53 p.
- Leventhall, G. (2005) How the « mythology » of infrasound and low frequency noise related to wind turbines might have developed, First International Meeting on Wind Turbine Noise: Perspectives of control, Berlin, octobre, 15 p.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2006) Note d'instructions 98-01 sur le bruit des sources fixes, 9 juin, gouvernement du Québec, 23 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables. Caractéristiques physiques du son, <http://www.ecologie.gouv.fr/-Caracteristiques-physiques-du-son-.html>, France, consulté le 23 novembre 2008.

Ministère de la Santé et des Solidarités (2006) Information presse - La lutte contre les bruits de voisinage se renforce. Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage, Journal officiel du 20 décembre 2006, Direction générale de la santé, ministère de la Santé et des Solidarités, France, 15 p.

Office québécois de la langue française. Le grand dictionnaire terminologique, gouvernement du Québec.

Parlement européen (2002) Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement. Journal officiel des communautés européennes. Bruxelles, 14 p.

Saine, K., Pääkkonen, R., Lahti, T. et Aura, M. (2006) Low frequency noise - A need for guidelines? Inter-Noise 2006 The 35th international congress and exposition on noise control engineering, décembre, Hawaii, USA, 6 p.

Spectra. Notions et normes acoustiques, <http://www.spectra.fr/notions-norme-acoustique-r9.html>, consulté le 23 novembre 2008.

### 3 LE BRUIT

Des inquiétudes liées au bruit sont souvent évoquées lorsqu'il est question d'impacts des parcs éoliens sur la santé. En effet, certaines personnes vivant à proximité de parcs éoliens existants ou projetés craignent que l'exposition continue et prolongée au bruit qu'ils génèrent n'entraîne des impacts sur leur santé physique et psychologique. Ce chapitre présente les renseignements rassemblés par le comité éoliennes de la TNCSE à ce sujet.

#### 3.1 DESCRIPTION DE LA SITUATION

##### Le bruit des éoliennes

Les bruits émis par les éoliennes proviennent de deux sources, mécaniques et aérodynamiques. Les bruits mécaniques résultent du fonctionnement des composantes de la nacelle<sup>1</sup>. Leur spectre est caractérisé particulièrement par des fréquences inférieures à 1 000 Hz<sup>2</sup>. Des améliorations de l'équipement ont permis de réduire leur intensité de moitié comparativement aux premières éoliennes installées<sup>3</sup>, les rendant pratiquement inaudibles à une distance de plus de 200 mètres<sup>4</sup>. De plus, les problèmes mécaniques provoquant des bruits anormaux sont rapidement corrigés<sup>1</sup>.

Les bruits aérodynamiques, quant à eux, sont créés principalement par la contraction des molécules d'air devant la pale, la turbulence de traînée derrière la pale et le passage des pales devant le mât. Le bruit de bord de fuite, causé par les deux premiers phénomènes, est un bruit de large spectre dont la fréquence s'étend de 20 à 3 600 Hz et se concentre entre 500 et 2 000 Hz<sup>4,5</sup>. Il est influencé par la vitesse et l'angle d'attaque de la pale dans l'air. Aujourd'hui, la majorité des éoliennes sont des systèmes à axe horizontal dont la nacelle, supportant trois pales, se tourne face au vent. Ces pales, dites à pas variable, tournent autour de leur propre axe radial afin de capter plus ou moins de vent, ce qui modifie la vitesse de la turbine et par conséquent, fait varier le bruit des éoliennes<sup>1</sup>. Chaque modèle et format d'éolienne crée un niveau de bruit spécifique<sup>5</sup>. Le niveau sonore, mesuré au centre des pales, d'une éolienne moderne de 660 à 2 000 kW se situe entre 98 et 105 dB(A) à une vitesse du vent de 8 mètres par seconde (m/s)<sup>1,3,6</sup>. Ceci correspond à environ 33 à 40 dB(A) à une distance de 500 mètres en fonction des conditions météorologiques et des caractéristiques du terrain<sup>6</sup>.

Ce bruit se manifeste comme un sifflement dont l'intensité est modulée de 1 à 2 dB lorsqu'une pale passe devant le mât, ce qui survient de 0,4 à 1,35 fois par seconde<sup>4,7</sup>. Lorsque plusieurs éoliennes fonctionnent à proximité, ce battement peut devenir synchronisé. Deux ou trois battements simultanés auraient alors une intensité respective de 3 et de 5 dB en condition nocturne<sup>8</sup>. Selon Moorhouse *et al.*, la production d'une modulation de l'amplitude du bruit des éoliennes n'est pas totalement comprise et ne peut pas être parfaitement prédite<sup>9</sup>. Par ailleurs, il est important de mentionner que selon Leroux et Gagné, un bruit impulsionnel étant « caractérisé par un changement abrupt de pression sonore haussant, en quelques dixièmes de secondes, le niveau de plusieurs dizaines de dB », l'utilisation du qualificatif « impulsif » ne serait pas adéquate pour le bruit des éoliennes<sup>4</sup>.

Les méthodes et conditions de mesures du bruit des éoliennes dans un milieu ne s'avèrent pas encore bien définies et uniformes d'une organisation ou d'un pays à l'autre. À titre d'information, un projet de norme (NFS 31 114) pour la réalisation de mesures des niveaux sonores des parcs éoliens est en préparation en France<sup>3</sup>.

Des bruits peuvent aussi survenir lors de la phase de construction des parcs éoliens. Le présent chapitre s'intéressant au bruit lors de l'exploitation des parcs, le bruit en phase de construction est traité au chapitre 6.

### **Facteurs influençant le niveau du bruit**

Le bruit émis par les éoliennes varie selon les caractéristiques de la source, c'est-à-dire le nombre d'éoliennes, leur puissance et leur disposition. Les particularités du terrain jouent aussi un rôle dans la propagation du son. La topographie, la composition du sol et la présence de végétation ou de neige peuvent favoriser ou non la capacité du son à voyager<sup>3,4,10</sup>. Dans le cas des éoliennes, les conditions météorologiques comme la température de l'air, l'humidité, la vitesse et le sens du vent, et le couvert nuageux illustrent bien les facteurs les plus importants qui influencent la propagation du son<sup>3,4</sup>.

La perception du bruit des éoliennes varie selon le niveau de bruit initial ou résiduel du milieu d'implantation. Certains auteurs soulèvent que les bruits présents dans l'environnement lors d'un fort vent peuvent camoufler le bruit généré par les éoliennes<sup>1,4,5,11</sup>. Par ailleurs, il est affirmé que, considérant la modulation de l'intensité du bruit de bord de fuite lors du passage des pales devant le mât, le bruit des éoliennes serait faiblement masqué par les bruits environnants, particulièrement en présence de certaines conditions topographiques<sup>2</sup>. Aussi, van den Berg rapporte que la modulation du bruit des éoliennes serait plus facilement détectable en condition atmosphérique stable (inversion de température). Cette condition, pouvant se produire la nuit lors d'un ciel dégagé, favoriserait un vent plus fort à la hauteur de la nacelle qu'à la hauteur du sol. Le faible niveau de bruit produit par le vent à la hauteur du sol masquerait moins le bruit des éoliennes qui serait alors plus facilement perceptible<sup>8</sup>.

Enfin, il est intéressant de noter qu'un son dont l'intensité est modulée, comme parfois celui des éoliennes, peut être perçu par l'oreille humaine comme un son de basses fréquences, sans toutefois en être un<sup>12</sup>.

## **3.2 PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ**

### **Santé physique**

Les impacts du bruit d'origine environnementale sur la santé varient notamment en fonction de sa fréquence, de son intensité, de son rythme, de la durée et du contexte d'exposition, de la vulnérabilité et de la sensibilité du récepteur. Ainsi, plus la fréquence et l'intensité d'un son sont élevées, plus il risque d'être néfaste<sup>3</sup>.

Outre les effets auditifs, soit la perte et la fatigue auditives, le bruit est susceptible d'entraîner d'autres conséquences sur la santé, telles que l'hypertension et la cardiopathie ischémique. Le tableau 2 résume les effets potentiels du bruit sur la santé, la classification de la preuve



d'une relation de causalité entre le bruit et la santé, et les valeurs seuil observées lorsque les données sont suffisantes<sup>13,14</sup>.

Le bruit d'origine environnementale pourrait déranger le sommeil sous différents aspects. En effet, il occasionnerait une difficulté à s'endormir ainsi que des éveils et altérerait les cycles du sommeil. Il engendrerait aussi des réactions neurovégétatives telles qu'une augmentation de la pression sanguine et du rythme cardiaque, une vasoconstriction et un changement de la respiration ainsi que des mouvements du corps. L'exposition au bruit durant le sommeil aurait également des effets secondaires le lendemain de l'exposition tels qu'une fatigue augmentée et une baisse de l'humeur<sup>15</sup>. Le tableau 2 montre certains de ces changements possibles du sommeil causés par le bruit. Dans ses lignes directrices concernant le bruit communautaire, l'OMS recommande que le niveau de bruit continu ne dépasse pas 30 dB(A) à l'intérieur et 45 dB(A) à l'extérieur (lorsque les fenêtres sont ouvertes) pour éviter un dérangement du sommeil<sup>13</sup>.

Il importe de noter que des études plus récentes pourraient modifier le niveau de preuve de certains de ces effets. Cependant, le présent document n'en fait pas la revue systématique. L'avis sur la faisabilité d'une politique de lutte contre le bruit préparée par l'INSPQ apportera un examen plus approfondi de la littérature sur les effets sur la santé des bruits environnementaux et en milieu de travail.

**Tableau 2 Effets liés à l'exposition prolongée au bruit, classification de l'évidence d'une relation de causalité et valeurs seuil observées**

Effet	Classification de l'évidence	Observation des valeurs seuil		
		Mesure	Valeur (dB(A))	Intérieur/Extérieur
Détérioration auditive	Suffisante	L <sub>Aeq, 24 h</sub>	70	Intérieur
Hypertension	Suffisante	L <sub>dn</sub>	70	Extérieur
Cardiopathie ischémique	Suffisante	L <sub>dn</sub>	70	Extérieur
Effets biochimiques	Limitée			
Effets immunologiques	Limitée			
Poids à la naissance	Limitée			
Effets congénitaux	Manquante			
Troubles psychiatriques	Limitée			
Nuisance	Suffisante	L <sub>dn</sub>	42	Extérieur
Taux d'absentéisme	Limitée			
Bien-être psychosocial	Limitée			
Performance	Limitée			
Troubles du sommeil, changements dans :				
Tracé du sommeil	Suffisante	L <sub>Aeq, nuit</sub>	< 60	Extérieur
Éveil	Suffisante	SEL	55	Intérieur
Stades	Suffisante	SEL	35	Intérieur
Qualité subjective	Suffisante	L <sub>Aeq, nuit</sub>	40	Extérieur
Fréquence cardiaque	Suffisante	SEL	40	Intérieur
Niveaux hormonaux	Limitée			
Système immunitaire	Inadéquate			
Humeur du lendemain	Suffisante	L <sub>Aeq, nuit</sub>	< 60	Extérieur
Performance du lendemain	Limitée			

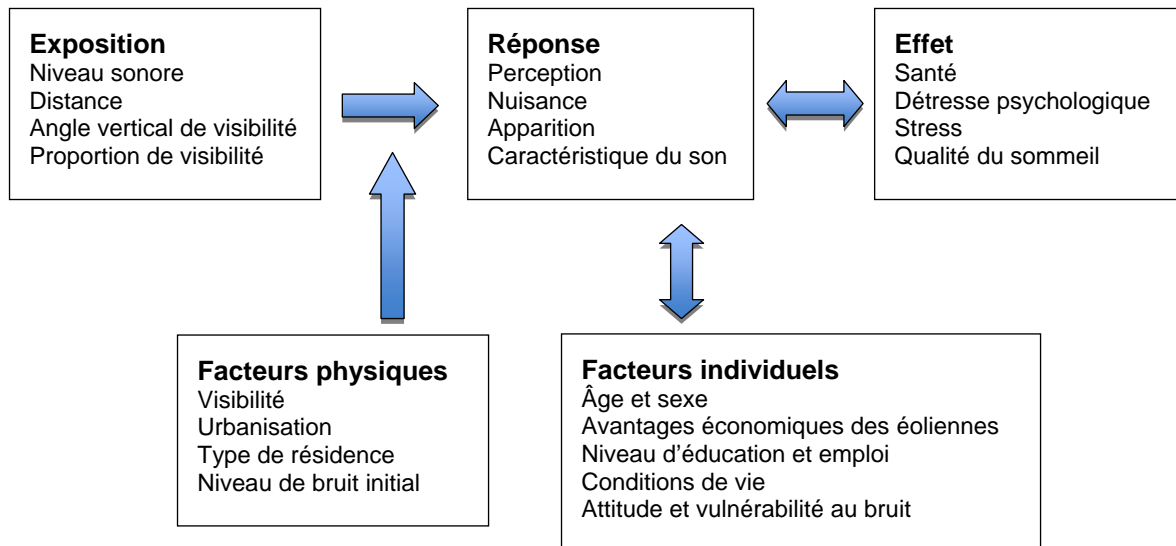
Source : Traduit de Passchier-Vermeer et Passchier, 2000.

En ce qui concerne le niveau de bruit des éoliennes, à l'heure actuelle, aucune évidence scientifique ne suggère qu'il engendre des effets néfastes pour la santé des personnes vivant à proximité (perte d'audition, effets cardiovasculaires, effet sur le système hormonal, etc.) autres que la nuisance<sup>a 2,4,5</sup>. Leroux et Gagné mentionnent que des témoignages de riverains amènent à soupçonner que le bruit des éoliennes pourrait déranger le sommeil. « Toutefois, les preuves scientifiques restent encore à établir »<sup>4</sup>.

<sup>a</sup> Tony Leroux et Jean-Pierre Gagné de l'École d'orthophonie et d'audiologie de l'Université de Montréal ont réalisé une revue documentaire des impacts des éoliennes sur la santé, particulièrement pour le bruit. Cette revue documentaire s'inscrit dans un mandat de recherche donné par Santé Canada visant globalement à « caractériser les impacts ressentis par les populations riveraines du parc éolien Le Nordais ».

## Nuisance

L'OMS définit la santé comme un état de bien-être physique, mental et social, et la nuisance comme un impact potentiel sur la santé. Dans ses lignes directrices concernant le bruit communautaire, l'OMS recommande une limite de 50 dB(A) ( $L_{Aeq, 16h}$ ) pour éviter une nuisance modérée dans les espaces habitables extérieurs durant le jour et la soirée<sup>13</sup>. La nuisance due au bruit est considérée comme un sentiment de gêne, de dérangement, de mécontentement, de déplaisir, d'inconfort, de malaise, d'insatisfaction et d'offense lorsqu'un bruit interfère avec les pensées, les sentiments ou les activités courantes d'une personne<sup>14</sup>. La figure 4 montre un modèle théorique de la relation entre l'exposition au bruit et la réponse.



Source : Traduit de van den Berg, 2008.

**Figure 4** Modèle théorique de la relation entre l'exposition et la réponse

L'inquiétude relativement au bruit des éoliennes est surtout associée à la nuisance. Les connaissances scientifiques actuelles suggèrent un lien entre l'exposition au bruit des éoliennes et ce sentiment de gêne. Toutefois, jusqu'à présent, peu d'études existent sur la relation entre le niveau de bruit des éoliennes et la nuisance ressentie. De plus, selon les conditions dans lesquelles ces études sont réalisées, les résultats varient considérablement. Quelques résultats sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Pedersen et Wayne ont réalisé une étude en 2000 en Suède pour tenter d'évaluer la prévalence de ce dérangement et étudier la relation dose-réponse entre le niveau de bruit des éoliennes et la nuisance<sup>16</sup>. Un questionnaire a été rempli par 351 personnes vivant de 150 à 1 199 mètres de l'éolienne la plus proche. Sur ce territoire majoritairement agricole et plat, les éoliennes sont visibles de plusieurs directions. Peu de répondants ont affirmé être dérangés lorsqu'ils étaient à l'intérieur de leur maison (7 %). Le dérangement était surtout ressenti à l'extérieur des maisons. Aucun répondant exposé à un niveau sonore extérieur inférieur à 32,5 dB(A) n'a dit être ennuyé. À des niveaux de 37,5 à 40 dB(A), 20 % des répondants se disaient très ennuyés et cette proportion s'élevait à 36 % lorsque le niveau

était supérieur à 40 dB(A). Le fait d'être dérangé par le bruit des éoliennes a aussi été associé à la sensibilité au bruit environnemental et à une attitude négative face aux éoliennes ou à leur impact visuel. La sensibilité au bruit environnemental a été évaluée à l'aide d'une question à quatre choix de réponses allant de « pas sensible du tout » à « très sensible ». Cette étude a permis d'avoir une idée de la relation dose-réponse. Toutefois, les auteurs soulignent la nécessité d'un plus grand nombre de répondants, surtout au niveau de bruit le plus élevé, pour obtenir une courbe dose-réponse valide.

Ces mêmes auteurs ont réalisé une étude similaire en Suède chez 754 répondants vivant dans un milieu dont la configuration des terrains et le degré d'urbanisation étaient variables<sup>6</sup>. Les résultats montrent que parmi les répondants exposés à un niveau sonore de 37,5 à 40 dB(A), 6 % étaient ennuyés par le bruit des éoliennes, tandis que pour un niveau au-dessus de 40 dB(A), 15 % des gens l'étaient. Cette augmentation n'était toutefois pas statistiquement significative. Ils soulèvent que le risque de percevoir et d'être dérangé par le bruit des éoliennes augmente avec d'autres facteurs, comme le fait de voir une ou plusieurs éoliennes de sa résidence ou d'être sensible au bruit environnemental. De plus, les gens vivant dans un milieu rural et particulièrement en terrain accidenté ont semblé davantage ennuyés par le bruit des éoliennes. Selon les auteurs, ceci pourrait être relié au bruit résiduel ou initial plus faible de ces milieux<sup>6</sup>. En effet, il est reconnu que la gêne causée par le bruit environnemental varie considérablement en fonction de facteurs sociaux, psychologiques et économiques non liés au bruit<sup>a 13,17</sup>. D'après Pedersen et Waye, le niveau de pression acoustique n'est pas corrélé avec un bouleversement de la qualité du sommeil ni avec des émotions négatives comme un sentiment de fatigue ou de tension au lever. Le fait d'affirmer être dérangé par le bruit des éoliennes est associé à ces facteurs subjectifs de santé et de bien-être<sup>6</sup>.

Van den Berg *et al.* associent la probabilité d'être ennuyé au niveau de bruit des éoliennes. Le sentiment de nuisance a été aussi associé à une attitude négative face aux éoliennes en général et à leur impact sur le paysage. Selon les résultats de ce projet, la probabilité d'être ennuyé par le bruit des éoliennes n'est pas diminuée en présence de niveaux plus élevés de bruits résiduels tandis qu'elle l'est par des bénéfices économiques ainsi que par le fait de n'apercevoir aucune éolienne à partir de sa résidence et de vivre dans un milieu rural (par rapport à une agglomération). D'après eux, les impacts visuels et sonores sont difficiles à dissocier puisqu'ils sont très intimement liés<sup>18</sup>.

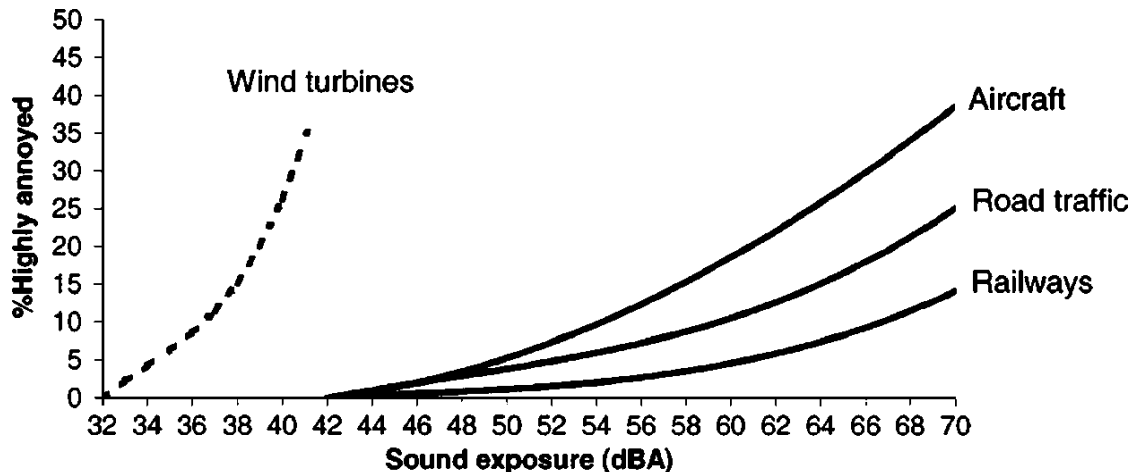
Certains auteurs évoquent que le changement d'intensité du bruit lorsqu'une pale passe devant le mât pourrait être l'élément dérangeant pour la population avoisinante, particulièrement lors de conditions météorologiques favorisant une atmosphère stable<sup>2,18</sup>.

Enfin, il semblerait que pour un même niveau sonore, le bruit des éoliennes pourrait occasionner une nuisance plus grande que les bruits des transports aérien, routier et ferroviaire (voir figure 5). Ce phénomène est possiblement dû à l'interaction de plusieurs facteurs relatifs à la nuisance entraînée par les éoliennes, dont la nature du bruit produit (par

---

<sup>a</sup> Ces facteurs incluent la peur associée à la source de bruit, la conviction que le bruit peut être réduit par des tiers, la vulnérabilité individuelle au bruit, la perception d'avoir un certain contrôle sur le bruit et si le bruit origine d'une activité économique importante<sup>12</sup>.

exemple, la modulation de l'intensité) et l'impact visuel de leur présence<sup>2,16</sup>. Une comparaison similaire a déjà été observée entre les bruits des transports routier, ferroviaire et aérien. En effet, pour un même niveau de bruit moyen, le dérangement perçu est plus grand pour les transports aérien que pour les transports routier et le transport ferroviaire<sup>19,20</sup>.



Sound exposure is for wind turbines calculated A-weighted  $L_{eq}$  for a hypothetical time period and for transportation DNL.

Source : Pedersen et Waye, 2004.

**Figure 5** Comparaison des courbes dose-réponse estimées de la nuisance due aux bruits des transports aérien, routier et ferroviaire et des éoliennes

### Difficulté et pertinence de déterminer une distance séparatrice

Considérant tous les facteurs qui influencent l'émission du bruit par une éolienne, sa propagation et sa perception par la population, il demeure difficile de déterminer une distance séparatrice minimale universelle adéquate pour éviter ou diminuer les nuisances potentielles. De plus, la détermination d'une distance minimale ne devrait pas seulement tenir compte de l'impact du bruit et des conditions topographiques et météorologiques qui influencent sa propagation, mais aussi d'autres aspects comme l'impact sur le paysage, le contexte d'implantation (par exemple, un milieu rural ou récréotouristique), le bruit initial et les ombres créées par le mouvement des pales. Les distances séparatrices sont rarement proposées dans la gestion des risques liés à d'autres sources de bruit environnemental. Des niveaux sonores maximaux ainsi que des indicateurs complémentaires, tels qu'un nombre maximal d'événements bruyants, sont plutôt utilisés.

La note d'instructions 98-01 du MDDEP précise des niveaux sonores maximaux de 40 dB(A) la nuit et 45 dB(A) le jour pour les zones les plus sensibles<sup>21</sup>. À titre d'information, ces niveaux ont été comparés à des simulations réalisées pour des conditions très favorables à la propagation du son dans le cadre de l'étude de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (afssset) pour une, trois et six éoliennes à des distances de 200, 400, 800 et 1 500 mètres<sup>3</sup>. Ainsi, pour une résidence à proximité d'une éolienne, une

distance de 500 m est probablement tout juste adéquate alors qu'une distance de 800 m semblerait appropriée pour un groupe de trois éoliennes, mais pas tout à fait suffisante pour un groupe de six éoliennes.

Dans un document faisant suite à la recommandation de l'Académie française de médecine, l'afssset souligne qu'à une distance de 1 500 m (distance recommandée à titre de moratoire par l'Académie française de médecine), le bruit généré par une éolienne de 2 MW reste faible. Toutefois, elle soulève qu'étant donné la variabilité des situations réelles, une distance fixe minimale de 1 500 m, bien que largement suffisante, ne serait pas pertinente. L'afssset suggère d'évaluer chaque situation cas par cas en tenant compte de leur variabilité<sup>3</sup>.

Dans un rapport préparé pour l'Association canadienne de l'énergie éolienne (CanWEA), la firme de consultants ontarienne Howe Gastmeier Chapnik ne recommande pas l'application universelle d'une distance minimale séparatrice. À la suite d'un examen de parcs éoliens en activité dans des zones rurales ayant dix éoliennes ou plus de 1 à 2 MW, la firme a observé que les espacements minimaux acceptables seraient aux alentours de 250 à 600 m, en fonction des caractéristiques particulières du site. Ce groupe recommande néanmoins de réaliser une analyse technique de l'impact sonore particulier d'un projet lorsqu'il y a des récepteurs potentiellement sensibles à moins d'environ un kilomètre<sup>1</sup>.

### **Exigences, critères et réglementations existants**

Plusieurs pays appliquent une réglementation ou encore des critères concernant la gestion des risques pour la santé liés au bruit, qu'ils soient destinés aux bruits de voisinage ou spécifiquement au bruit des éoliennes. Ces critères se présentent sous deux formes, soit des limites absolues ou des limites relatives.

Au Québec, les critères applicables au bruit émis par un parc éolien sont ceux énoncés dans la note d'instructions 98-01 du MDDEP qui précise des niveaux sonores maximaux de 40 dB(A) la nuit et 45 dB(A) le jour<sup>i</sup> pour les zones les plus sensibles. Cette note vise toutes sources fixes, dont une industrie, une manufacture, une centrale génératrice d'énergie, une ligne à haute tension, un lieu d'enfouissement, un champ de tir ou toute entreprise qui exploite un procédé. Le tableau 3 montre les niveaux applicables pour toutes les zones. Également, la note d'instruction mentionne que « puisque les critères d'acceptabilité constituent les limites maximums permises, il est toujours souhaitable et recommandé, dans une perspective de développement durable, que l'exploitant ou l'initiateur en plus de respecter ces critères prenne toute mesure « faisable et raisonnable » et favorise des pratiques d'exploitation de façon à ce que sa contribution sonore soit le moins perceptible possible en zones sensibles (zones 1 à 3) »<sup>21</sup>.

---

<sup>i</sup> Selon la note d'instructions 98-01 du MDDEP, le jour s'étend de 7 h à 19 h<sup>21</sup>.

**Tableau 3 Niveaux sonores maximums des sources fixes**

Zonage	Nuit (dB(A))	Jour (dB(A))
1. Territoire destiné à des habitations unifamiliales isolées ou jumelées, à des écoles, des hôpitaux ou à d'autres établissements de services d'enseignement, de santé ou de convalescence. Terrain d'une habitation existante en zone agricole.	40	45
2. Territoire destiné à des habitations en unités de logements multiples, des parcs de maisons mobiles, des institutions ou des campings.	45	50
3. Territoire destiné à des usages commerciaux ou à des parcs récréatifs <sup>j</sup> .	50	55
4. Territoire zoné à des fins industrielles ou agricoles <sup>k</sup> .	70	70

Source : MDDEP, 2006.

Par ailleurs, la *Directive pour la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement d'un projet de parc éolien* du MDDEP demande aux promoteurs de décrire le milieu récepteur du projet, dont minimalement le « climat sonore dans les secteurs avoisinants les emplacements possibles des éoliennes, en fournissant sous forme de tableaux et de graphiques les indices statistiques  $N_{10}$ ,  $N_{90}$  et  $N_{eq}$  (jour et nuit), et une cartographie des indices  $N_{eq}$  maximum de jour et  $N_{eq}$  maximum de nuit »<sup>l</sup>. Cette directive demande aussi de décrire les principaux impacts du projet dont « la modification du climat sonore aux alentours des emplacements de poste, en fournissant les résultats de la modélisation selon l'indice statistique  $N_{eq}$  (jour et nuit) et une cartographie isophonique<sup>m</sup> des indices  $N_{eq}$  maximum de jour et  $N_{eq}$  maximum de nuit ». Ces modélisations visent à estimer si le parc éolien occasionnera un dépassement des niveaux spécifiés dans la note d'instruction 98-01 du MDDEP<sup>22</sup>. Le MDDEP révisé actuellement sa directive afin de l'adapter aux connaissances nouvelles et futures liées aux impacts potentiels des parcs éoliens. Ce ministère prévoit aussi étudier la contribution sonore des éoliennes dans différents milieux afin de développer une méthode de mesure et établir des critères propres aux éoliennes. Lors de l'autorisation d'un projet éolien, le MDDEP demande au promoteur de lui transmettre un programme de suivi du climat sonore. Un mécanisme d'intervention est également prévu en cas de dégradation de l'environnement sonore mesuré lors du suivi<sup>23</sup>.

Au Canada, l'Ontario est la seule province qui détient des limites sonores spécifiques pour les éoliennes. Le ministère de l'Environnement ontarien propose des niveaux de bruit ajustés en fonction de la vitesse du vent (tableau 4)<sup>1</sup>. D'autres pays, par exemple l'Allemagne, le

<sup>j</sup> Le niveau de bruit prévu pour la nuit ne s'applique que dans les limites de propriété des établissements utilisés à des fins résidentielles. Dans les autres cas, le niveau maximal de bruit prévu le jour s'applique également la nuit<sup>21</sup>.

<sup>k</sup> Sur le terrain d'une habitation existante en zone industrielle et établie conformément aux règlements municipaux en vigueur au moment de sa construction, les critères sont de 50 dBA la nuit et 55 dBA le jour<sup>21</sup>.

<sup>l</sup> À noter que le symbole N (pour niveau), utilisé dans la directive, correspond au symbole L habituellement utilisé dans la littérature sur le son<sup>21</sup>.

<sup>m</sup> Une cartographie isophonique est une simulation basée sur un certain nombre de relevés sonométriques et reportée sur une carte en tenant compte de la topographie. Les niveaux sonores sont représentés à l'aide de courbes et chacun des contours représentés ne doit pas présenter d'écart supérieur à 5 dB<sup>21</sup>.

Danemark, la Grèce et la Suède, appliquent des valeurs de niveaux absolus fixes allant de 39 à 50 dB(A)<sup>3</sup>.

**Tableau 4 Critères de niveaux de bruit des éoliennes du ministère de l'Environnement de l'Ontario**

Vitesse du vent (m/s)	4	5	6	7	8	9	10	11
Critère de bruit des éoliennes (dB(A))	40	40	40	43	45	49	51	53

Source : Howe, 2007.

L'OMS propose actuellement que la majorité des pays utilise des critères de niveau absolu pour la gestion des risques sanitaires liés aux bruits de voisinage. Certains pays quant à eux ont choisi des critères d'appréciation relative des niveaux de bruits puisque le dérangement dû à un bruit ne dépend pas seulement du niveau absolu de bruit ambiant, mais dépend aussi de l'environnement sonore initial ou résiduel dans lequel ce bruit apparaît<sup>24</sup>. La notion d'émergence sonore est alors employée.

Les lignes directrices pour le bruit environnemental des parcs éoliens de la South Australia Environmental Protection Authority précisent que le bruit émergent ne devrait pas excéder 5 dB(A) par rapport au bruit résiduel<sup>25</sup>. L'Angleterre et la Nouvelle-Zélande basent aussi leur réglementation sur une émergence de 5 dB(A) ainsi que sur un niveau maximum absolu. Pour certains pays, il existe aussi des niveaux ambiants (30 à 40 dB(A)) en dessous desquels l'émergence n'est pas imposée<sup>3</sup>.

La France base également sa réglementation visant les bruits de voisinage sur la notion de bruit émergent. Cette réglementation s'applique aussi aux parcs éoliens. Lorsque le bruit ambiant est supérieur à 30 dB(A) à l'extérieur des habitations, les émissions sonores ne doivent pas dépasser une émergence de 5 dB(A) durant le jour et de 3 dB(A) durant la nuit. La réglementation française réfère aussi à la notion d'émergence spectrale pour le bruit à l'intérieur des résidences. Pour un bruit ambiant supérieur à 25 dB(A) à l'intérieur des maisons, fenêtres ouvertes ou fermées, en tout temps, les émergences spectrales doivent être inférieures à 7 dB pour des fréquences de 125 Hz à 250 Hz et à 5 dB pour des fréquences de 500 Hz à 4 000 Hz<sup>26</sup>.

#### **Informations additionnelles sur les critères de gestion du niveau de bruit et d'évaluation de l'impact de l'exposition au bruit**

Des groupes de recherche et organismes gouvernementaux de plusieurs pays se penchent sur la problématique du bruit des éoliennes et son impact afin de définir un ou des critères qui permettraient d'évaluer et de réduire le risque pour la santé des riverains. Certaines de ces démarches sont abordées dans les paragraphes qui suivent ainsi que des renseignements complémentaires sur les notions décrites.

Un article présenté à la conférence internationale sur le bruit des éoliennes de 2007 par une équipe de la division de l'acoustique de la Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs de Santé Canada constitue un point de départ pour le développement potentiel de lignes directrices canadiennes. Les auteurs, Michaud *et al.*,



proposent une valeur limite ( $L_{eq}$ ) de 45 dB(A) à la face la plus exposée d'un récepteur vulnérable durant l'exploitation des éoliennes dans un milieu rural calme<sup>n</sup>. Cette proposition est notamment basée sur les renseignements fournis par la norme ISO 1996-1 et par la *U.S. Federal Transit Administration* et permet le respect du niveau de 45 dB(A) pour un bruit continu proposé par l'OMS pour éviter un dérangement du sommeil<sup>o</sup>. Les auteurs suggèrent que le  $L_{eq}$  soit estimé par modélisation en fonction du niveau sonore le plus élevé produit par une éolienne et selon des conditions favorables à la propagation du son. Selon eux, le fait que le vent puisse être plus faible à la hauteur des récepteurs qu'à la hauteur de la nacelle est un élément important pour l'estimation du niveau sonore. Puisqu'il est aussi possible que le bruit du vent masque le bruit des éoliennes, ils mentionnent que le niveau proposé de 45 dB(A) ne devrait pas être considéré comme une limite appliquée de façon stricte. Les différentes situations devraient être identifiées à l'aide de données historiques de vitesses du vent selon la hauteur et des niveaux de bruit du vent mesurés aux récepteurs. Par ailleurs, considérant que les estimations sont habituellement réalisées selon ISO 6913-2 1996 et ont une incertitude de +/- 3 dB, les auteurs mentionnent que des mesures d'atténuation devraient être prévues si l'incertitude suggère un dépassement du critère proposé<sup>27</sup>.

Pour ce qui est de la notion d'émergence, elle est notamment utilisée dans la réglementation française comme critère de gestion des risques et d'évaluation des impacts liés aux bruits de voisinage. Son application a été mise de l'avant en 1963 dans un avis de la commission d'étude du bruit du ministère de la Santé publique concernant « l'estimation des troubles produits par l'excès de bruit ». Cet avis mentionnait que « le trouble, autrement dit la gêne ou la nuisance, est incontestable lorsque l'augmentation d'intensité sonore produite par l'apparition du bruit perturbateur, par rapport à la valeur minimale du bruit ambiant, dépasse les valeurs suivantes : + 5 dB(A) de jour (7 heures à 22 heures); + 3 dB(A) de nuit (22 heures à 7 heures). Ce dépassement ne devra avoir lieu ni dans le niveau global, ni dans une bande de fréquence quelconque de bruit audible. » Il y était aussi écrit que « les valeurs indiquées dans cet avis présentent un caractère provisoire » et qu'elles « pourront être modifiées ultérieurement ». Par la suite, la notion d'émergence globale a été progressivement introduite dans la réglementation française et est désormais employée systématiquement en France pour les bruits de voisinage. Enfin, la notion d'émergence spectrale a été ajoutée en 2006<sup>24</sup>. Il importe de noter, sachant que l'addition de deux bruits de même intensité entraîne une augmentation de ce niveau acoustique de 3 dB (voir addition du bruit au chapitre 1), que le respect d'une émergence maximale de 3 dB(A) implique que le niveau du bruit particulier émis par les éoliennes seules doit être inférieur ou égal au niveau de bruit initial du milieu.

Selon le document de l'afssset sur le bruit des éoliennes, « l'application de la réglementation française « bruit de voisinage » au bruit des parcs éoliens permet le respect de

<sup>n</sup> Les auteurs mentionnent que la caractérisation d'un milieu rural calme devrait être faite par la consultation de la communauté par le promoteur du projet éolien. Néanmoins, en attendant cette caractérisation, Santé Canada pose la prémisse que des niveaux sonores de 45 dB(A) le jour et 35 dB(A) la nuit sont représentatifs d'un milieu rural calme<sup>27</sup>.

<sup>o</sup> Toutefois, il apparaît important de dire qu'en complément de cette recommandation de 45 dB(A), l'OMS spécifie qu'elle est valable pour un bruit continu. Des perturbations du sommeil ont été observées à des niveaux inférieurs lorsque le bruit ambiant est faible. Pour des bruits non continus, la valeur de  $L_{Amax}$  de 45 dB devrait être utilisée<sup>13</sup>.

l'environnement sonore des riverains ». Il y est aussi souligné que des progrès dans les connaissances portant sur les critères de nuisance due aux bruits sont nécessaires afin d'affiner leurs conditions d'applications et de favoriser des méthodes d'évaluations simplifiées. En effet, les auteurs spécifient que « le domaine de validité des critères d'émergence (en termes de niveaux et de dynamique des bruits) n'a pas été vraiment exploré, et la plus totale ignorance est de règle quant à l'existence d'effets de seuil, de validité spectrale, ... »<sup>3</sup>.

Peu d'articles étudiant la pertinence de l'application d'une émergence maximale semblent avoir été publiés dans la littérature scientifique. Une étude en laboratoire, sur la corrélation entre le critère d'émergence et la nuisance sonore de sources industrielles, a été réalisée par Viollon *et al.* dans le cadre des travaux du département de recherche et développement du groupe Électricité de France (EDF). L'expérience de l'EDF dans la gestion des impacts sonores de ses installations a permis d'observer que l'utilisation du critère d'émergence ne permettait pas nécessairement de comprendre la nuisance due aux sources industrielles puisque les plaintes ne sont pas souvent corrélées avec les valeurs d'émergence et que le respect de ces valeurs n'efface pas le sentiment de nuisance des personnes gênées. Dans cette étude, les bruits provenant de quatre sources industrielles, dont une éolienne, ont été additionnés à trois différents bruits résiduels, soit d'environnements calme, naturel et routier, pour des émergences de 3 ou 5 dB(A). Les trente-six sujets de l'étude ont été exposés à ces vingt-quatre scénarios en laboratoire. Les résultats montrent que le type de sources sonores, le type de bruit résiduel et la valeur de l'émergence comportent des effets significatifs sur la nuisance due au bruit et que ces effets sont indépendants l'un de l'autre. Également, dans cette expérience, le critère d'émergence sonore ne caractérisait pas le sentiment de nuisance perçue<sup>28</sup>.

Plus récemment, ce même groupe visait, par une autre étude, à évaluer des indicateurs de nuisance sonore pour différentes catégories de sources industrielles. Bien que cette étude ne se rapportait pas aux éoliennes, les résultats indiquent que le type de bruit résiduel influence davantage le sentiment de nuisance perçue que l'émergence<sup>29</sup>. À titre d'information, les travaux de ce groupe visent à construire des indicateurs de gêne adaptés à différentes catégories de bruit industriel. Ils ont toutefois retiré le bruit des éoliennes de leur recherche puisqu'il s'agit d'un bruit particulier et que, comme pour les autres sources de bruit environnemental, plusieurs variables non liées aux caractéristiques acoustiques du bruit influencent son impact.

D'autre part, certaines précisions sont importantes concernant la notion d'émergence sonore et l'audibilité. Le respect d'une émergence maximale ne devrait pas mener à l'augmentation d'un bruit ambiant initial déjà élevé ou, dans le cas des parcs éoliens, à l'implantation d'éoliennes à une distance très rapprochée d'un milieu habité, d'où l'importance du respect de niveaux absolus fixes tels que ceux de la note d'instruction 98-01 du MDDEP. De plus, le respect d'une émergence maximale ou d'une limite fixe ne garantit pas qu'un bruit nouveau ne sera pas détecté par la population avoisinante. L'arrivée d'un bruit dans un milieu peut très bien être décelée, même si elle n'entraîne pas d'augmentation du niveau de bruit ambiant (aucune émergence). En effet, le seuil de détection ou d'audibilité d'un nouveau bruit particulier n'égale pas le niveau de bruit initial. L'analyse de l'audibilité d'un son particulier dépend de plusieurs facteurs et fait appel au domaine de la psychoacoustique.

Michaud *et al.* notent d'ailleurs que d'après l'expérience de Santé Canada, il est difficile de prédire si le bruit des éoliennes sera audible une fois le parc implanté. Selon eux, la réaction d'une communauté face au bruit pourrait augmenter si un nouveau bruit, qui avait d'abord été présumé inaudible, s'avère audible. Par conséquent, ils recommandent que les évaluations environnementales évitent de supposer que le bruit des éoliennes, ou un changement jusqu'à 5 dB, ne seront pas ou peu audibles<sup>27</sup>.

En somme, des connaissances restent à acquérir relativement aux méthodes de mesure des niveaux de bruit ambiant avant et après l'installation des éoliennes, notamment pour la durée et les conditions de mesure, et aux conditions de modélisations du bruit des éoliennes. Les études sont aussi à poursuivre en ce qui concerne la perception du bruit caractéristique des éoliennes (en particulier considérant la modulation de l'intensité), le sentiment potentiel de nuisance, les différents facteurs qui l'influencent et les indicateurs qui permettent de l'évaluer. Selon les connaissances actuelles, l'application de niveaux absolus et d'émergences maximales constituerait un critère de gestion permettant de limiter l'augmentation du niveau de bruit d'un milieu lors de l'implantation d'un parc éolien, d'autant plus que les parcs éoliens sont souvent implantés dans des milieux calmes ayant un niveau de bruit initial faible. L'utilisation de ces critères pour limiter, prédire ou évaluer la nuisance due au bruit des éoliennes nécessite toutefois l'acquisition de connaissances scientifiques et techniques supplémentaires.

### 3.3 EN RÉSUMÉ

Selon les connaissances scientifiques actuelles :

- le niveau de bruit engendré par les éoliennes n'entraîne pas d'impact direct sur la santé auditive des personnes vivant à proximité comme la perte ou la fatigue auditive;
- le niveau de bruit engendré par les éoliennes ne semble pas avoir d'impact négatif sur la santé, autre que sur le sommeil et la nuisance. Toutefois, l'absence de preuve suffisante pour certains effets amène à demeurer attentifs aux futures études et revues de littérature;
- des témoignages de riverains laissent croire que le bruit des éoliennes pourrait déranger le sommeil des personnes vivant à proximité. Les preuves scientifiques restent encore à établir;
- le sentiment de nuisance occasionné par le bruit des éoliennes a été associé au niveau sonore, mais aussi à d'autres facteurs, notamment à la visibilité des éoliennes et à l'attitude des personnes exposées envers celles-ci;
- l'exposition au bruit des éoliennes peut représenter une nuisance pour les riverains dans certaines conditions à l'extérieur des maisons, mais des connaissances scientifiques restent à acquérir sur les niveaux et les facteurs qui l'influencent ainsi que les critères à appliquer pour l'évaluer et la réduire.



**RÉFÉRENCES**

1. Howe Gastmeier Chapnik Limited (2007) Les éoliennes et le bruit : Revue et recommandations de pratiques d'excellence. Rapport, Ontario, Canada, 25 p. + annexes.
2. Pedersen, E. et Halmstad, H. (2003) Noise annoyance from wind turbines - a review. Rapport, Naturvardsverket, Swedish environmental protection agency, Suède, 26 p.
3. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) (2008) Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes - État des lieux de la filière éolienne et propositions pour la mise en œuvre de la procédure d'implantation. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, France, 116 p.
4. Leroux, T. et Gagné, J.-P. (2007) Évaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens. École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, 53 p.
5. Alberts, D. (2005) Primer for addressing wind turbine noise. Lawrence Technological University, Michigan, États-Unis, 21 p.
6. Pedersen, E. et Waye, K. P. (2007) Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, *Occupational and environmental medicine*, vol. 64, p. 480-486.
7. Van den Berg, F. G. P. (2003) Wind turbines at night: acoustical practice and sound research, Euronoise, 5<sup>e</sup> conférence européenne sur le contrôle du bruit, Naples, 6 p.
8. Van den Berg, F. G. P. (2004) Effects of the wind profile at night on wind turbine sound, *Journal of sound and vibration*, vol. 277, p. 955-970.
9. Moorhouse, A., Hayes, M., von Hünerbein, S., Piper, B. et Adams, M. (2007) Research into aerodynamic modulation of wind turbine noise – final report, University of Salford, Royaume-Uni, 57 p.
10. Brüel & Kjaer (2001) Bruit de l'environnement. Brüel & Kjaer Sound & Vibration, Danemark, 67 p.
11. Bajdek, C. J. (2007) Communicating the noise effects of wind farms to stakeholders, conférence Noise-Con 2007, Nevada, États-Unis, 10 p.
12. Chernigovskaya, T.V. (1977) Dependence of the perception of low-frequency amplitude modulation on age and training in man, *Neuroscience and Behavioral Physiology*, vol. 8 no 4, p 341-343.
13. Berglund, B., Lindvall, T. et Schwela, D.H. (1999) Guidelines for Community Noise. Organisation mondiale de la Santé (OMS), Geneva, 159 p.  
<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html> (consulté le 15 août 2008).
14. Passchier-Vermeer, W. et Passchier, W. (2000) Noise exposure and public health, *Environmental health perspectives*, vol. 108 suppl. 1, p. 123-131.

15. Berglund, B. et Lindvall, T. (1995) Community Noise. Document préparé pour l'Organisation mondiale de la Santé (OMS). Stockholm University and Karolinska Institute. *Archives of the Centre for Sensory Research*, vol. 2 no 1. <http://www.appa-agf.net/filemanager/download/145/noise%20OMS.pdf#search=%22socio-acoustic%20survey%22> (consulté le 11 août 2008).
16. Pedersen, E. et Waye, K. P. (2004) Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 116 no 6, p. 3460-3470.
17. Organisation internationale de normalisation (ISO) (2003) Norme internationale ISO-1996-1 : 2003(F). Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement. Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation. Genève, 27 p.
18. Van den Berg, F. G. P., Pedersen, E., Bouma, J. et Bakker, R. (2008) WINDFARM perception - Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents. Rapport final, University of Gothenburg, Suède, 99 p.
19. Miedema, H.M.E. et Oudshoorn, C.G.M. (2001) Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals, *Environmental health perspectives*, vol. 109, p. 409-416.
20. Miedema, H.M.E. et Vos, H. (1998) Exposure-response relationships for transportation noise, *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 104 no 6, p. 3432-3445.
21. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) (2006) Note d'instructions 98-01 sur le bruit des sources fixes, 9 juin, gouvernement du Québec, 23 p.
22. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) (2008) Directive pour la réalisation d'une étude d'impacts sur l'environnement d'un projet de parc éolien, août, gouvernement du Québec, 22 p.
23. Ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec (MAMR) (2008) Développement durable de l'énergie éolienne, Environnement sonore d'un parc éolien. Fiche d'information, gouvernement du Québec, 6 p. [http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen\\_amen\\_eoli.asp](http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen_amen_eoli.asp) (consulté le 23 novembre 2008).
24. Ministère de la Santé et des Solidarités (2006) Information presse - La lutte contre les bruits de voisinage se renforce. Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage, Journal officiel du 20 décembre 2006, Direction générale de la santé, ministère de la Santé et des Solidarités, France, 15 p.
25. South Australia Environmental Protection Authority (2007) Wind Farms Environmental Noise Guidelines, Australie, 16 p.

26. République française (2006). Code de la santé publique. Section 3 : Lutte contre le bruit. Décret n° 2006-1099 du 31 août 2006, Journal Officiel du 1<sup>er</sup> septembre 2006, [http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=A41965866AB32B78DDAC17B3879CE13E.tpdjo15v\\_2?idSectionTA=LEGISCTA000006190341&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20090124](http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do;jsessionid=A41965866AB32B78DDAC17B3879CE13E.tpdjo15v_2?idSectionTA=LEGISCTA000006190341&cidTexte=LEGITEXT000006072665&dateTexte=20090124) (consulté le 2 février 2009).
27. Michaud, D., Keith, S. E. et Bly, S. H. P. (2007) A proposal for evaluating the potential health effects of wind turbine noise for projects under the Canadian Environmental Assessment Act, 2<sup>e</sup> Conférence internationale sur le bruit des éoliennes (windturbinenoise2007.org), France, 14 p.
28. Viollon, S., Marquis-Favre, C., Junker, F. et Baumann, C. (2004) Environmental assessment of industrial noises annoyance with the criterion « sound emergence », 18<sup>th</sup> International Congress on Acoustics, Kyoto, Japon, 4 p.
29. Alayrac, M., Viollon, S. et Marquis-Favre, C. (2008) Noise annoyance indicators for various industrial noise sources: Results and Discussion. Conférence Acoustics'08 Paris, France, 6 p.





## 4 LES INFRASONS ET LES SONS DE BASSES FRÉQUENCES

Les infrasons et les sons de basses fréquences constituent un sujet qui soulève parfois des inquiétudes au sein de la population avoisinant les parcs éoliens. Ce chapitre présente les principales connaissances scientifiques actuelles, de façon spécifique pour ces deux types de sons.

### 4.1 INFRASONS : DESCRIPTION DE LA SITUATION

#### Les infrasons, au bas de l'échelle sonore et présents partout dans l'environnement

Un infrason est un son dont la fréquence est inférieure à environ 20 Hz. Par comparaison, la voix humaine correspond à une fréquence d'environ 500 à 4 000 Hz. De façon exceptionnelle, les infrasons peuvent être perçus par l'oreille humaine et le corps. Dans ces cas, ils doivent être produits avec une puissance très élevée. Par exemple, un son de 10 Hz sera ressenti seulement s'il provient d'une source sonore dont la puissance est supérieure à 100 dB<sup>1</sup>. Il sera ainsi « détecté » sous forme de murmure très bas, de vibration générale et de pression sur le tympan.

Les infrasons sont présents partout dans l'environnement. Ils sont produits notamment par les sècheuses à linge, les véhicules motorisés, les climatiseurs, le vent, les vagues et aussi les éoliennes<sup>2</sup>. Ces dernières en émettent avec une puissance inférieure à la limite de la perception humaine. En effet, les informations fournies par les manufacturiers d'éoliennes font état d'une intensité sonore de 105 dB(L) mesurée à la nacelle pour une fréquence de 16 Hz sous un vent de 10 m/s. Selon ces données, à 100 mètres de l'éolienne, l'intensité sonore à 16 Hz se situe aux alentours de 50 à 55 dB, ce qui est nettement en deçà du seuil de perception humaine pour cette fréquence, qui est d'environ 85 dB<sup>3</sup>.

### 4.2 INFRASONS : PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ

#### Les infrasons inaudibles, sans effet connu sur la santé

Des revues de littérature réalisées par Bellhouse et par Moller montrent qu'on ne peut établir de lien entre les infrasons non entendus et quelque effet néfaste que ce soit<sup>3,4</sup>. À ce sujet, certains diront qu'ils sont ressentis par le corps et non pas perçus par l'oreille. Or, des études avec des sons de fréquences très basses jusqu'à 8 Hz ont été menées avec des gens sourds et d'autres dont l'audition était normale<sup>5</sup>. Les résultats de ces études ont révélé que l'oreille est le récepteur le plus sensible du corps. Aucune perception n'a été ressentie dans les deux groupes avant d'avoir préalablement été entendue par le groupe dont l'audition était normale. Cette observation a été confirmée par les chercheurs Inukai et Nakamura en 1998<sup>6</sup>. En effet, ils ont soumis dix-sept sujets à des sons purs dont la fréquence variait entre 3 et 40 Hz et ont analysé quatre facteurs subjectifs soit : la pression sur le tympan, la vibration à travers le thorax, la perception auditive et une sensation générale de vibration. L'analyse de leurs résultats a révélé que la perception auditive était le facteur limitant, c'est-à-dire que l'oreille est le récepteur le plus sensible. Antérieurement, Landstrom avait appuyé cette hypothèse en faisant lui aussi des études avec des sujets sourds<sup>7</sup> et d'autres dont l'audition était normale. Il avait alors conclu que la sensation vibrotactile était perçue à des intensités sonores similaires dans les deux groupes, celles-ci étant supérieures à celles de l'audition de 17 à 34 dB.

Pour leur part, les camionneurs vivent dans un environnement infrasonore de 115 dB quotidiennement et l'étude de Kawano *et al.* indique que ceci ne semble pas préjudiciable pour leur santé<sup>8</sup>. La NASA de son côté signale l'absence d'effet significatif à des niveaux inférieurs à 125 dB(L)<sup>9</sup>.

Enfin, quelques commentaires anecdotiques avancent que la vibration des tours des éoliennes transmettrait, par le sol, des vibrations aux résidences avoisinantes. Toutefois, ces situations n'ont pu être documentées par des mesures objectives, ne sont pas associées aux infrasons ni aux basses fréquences et semblent peu probables considérant la force de vibrations nécessaire et la distance entre les tours et les résidences.

### **En résumé**

Selon Leroux et Gagné, « l'ensemble des données consultées suggère donc que les infrasons (< 20 Hz) générés par les éoliennes ne seraient pas perçus par un auditeur jeune ayant une audition normale, ni être à l'origine d'une sensation de désagrément ou de gêne »<sup>10</sup>.

Les infrasons se retrouvent donc partout et selon les connaissances scientifiques actuelles, ceux émis par les éoliennes en représentent une quantité négligeable sans effet nocif pour la santé puisque leur intensité est inférieure au seuil d'audition, même à une distance rapprochée<sup>3,11,12,13</sup>.

## **4.3 SONS DE BASSES FRÉQUENCES : DESCRIPTION DE LA SITUATION**

### **Les sons de basses fréquences perçus quotidiennement**

Les sons de basses fréquences ont une tonalité très grave. Leur fréquence varie de 20 à 200 Hz<sup>14</sup>. L'oreille humaine les perçoit quotidiennement. Ils proviennent notamment des génératrices, de la circulation automobile, des industries de l'acier, des trains, des discothèques, des thermopompes, des climatiseurs et des éoliennes. Pour être entendus, leur intensité doit être supérieure à celle des sons plus aigus par exemple, d'environ 40 dB à 60 Hz et de 20 dB à 140 Hz par rapport à 4 dB à 1 000 Hz. En revanche, les sons de basses fréquences voyagent mieux et sur des distances plus grandes puisqu'ils sont moins freinés par les obstacles et moins ralentis par les conditions atmosphériques.

### **Les sons de basses fréquences produits par les éoliennes**

Il a été observé que les modèles plus anciens d'éoliennes produisaient des sons de basses fréquences surtout à partir des composantes mécaniques. Les innovations technologiques telles que l'isolation de la nacelle des éoliennes, l'amélioration des composantes mécaniques et l'installation face au vent ont réduit les bruits mécaniques de moitié<sup>13</sup>. La production mécanique de sons de basses fréquences par les éoliennes modernes est ainsi devenue négligeable<sup>15,16,17</sup>.

Malgré ce qui précède, les éoliennes émettent davantage de sons de basses fréquences dans des circonstances particulières. Survenant lors de conditions de vents turbulents, ces ondes sonores de basses fréquences sont générées au contact des pales<sup>11</sup>. Dans ces cas, l'intensité sonore demeure modérée. Ainsi, par une journée venteuse, les sons de fréquences inférieures à 40 Hz d'une éolienne de 1,5 MW ne seraient pas perceptibles à une

distance de 65 mètres. Pour les sons de fréquences supérieures à 40 Hz et à cette même distance, l'intensité sonore se situe à environ 15 dB au-delà du seuil auditif<sup>11</sup>. Selon Leventhall, il est plausible que cette intensité sonore diminuera de 15 dB à une distance normale de séparation, ce qui amènerait à des niveaux aux alentours du seuil de détection de l'oreille humaine<sup>11</sup>.

Selon les connaissances actuelles, le niveau des sons de fréquences moyennes générés par les éoliennes est plus élevé que celui des sons de basses fréquences. Les éoliennes émettent surtout des sons de fréquences se situant entre 500 et 2 000 Hz, appelés bruits de bord de fuite<sup>10,11,12,17</sup>. Dans son rapport sur les éoliennes, l'AFSSET souligne que les problèmes liés à des sons de basses fréquences se manifestent surtout pour les éoliennes en configuration sous le vent (*downwind*) et qu'« il n'existerait pas de forte intensité en basses fréquences au-delà de quelques centaines de mètres quel que soit le type d'éolienne »<sup>15</sup>. Michaud *et al.* soulignent que les éoliennes modernes ne sont pas normalement associées à des niveaux audibles de sons de basses fréquences<sup>18</sup>.

Il est important de comprendre la différence entre la variation de l'intensité du son de large spectre des éoliennes produite lorsqu'une pale passe devant le mât (à une fréquence de 0,4 à 1,35 fois par seconde) et un son de basses fréquences. En effet, le premier phénomène est une variation de l'amplitude de l'onde sonore se produisant de 0,4 à 1,35 fois par seconde, tandis que le deuxième est une onde sonore dont la fréquence d'oscillation est très lente<sup>10,11</sup>. Il importe aussi de spécifier qu'un son dont l'intensité est modulée, comme parfois celui des éoliennes, peut être perçu par l'oreille humaine comme un son de basses fréquences, sans toutefois en être un<sup>19</sup>.

#### 4.4 SONS DE BASSES FRÉQUENCES : PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ

D'après Leventhall, le niveau de nuisance pour les sons de basses fréquences débute 5 à 10 dB au-delà du seuil de perception tandis que Saine *et al.* recommandent pour leur part que le seuil d'exposition aux basses fréquences soit établi au même niveau que le seuil de perception auditive<sup>11,20</sup>.

Pour sa part, l'OMS recommande une vigilance accrue par rapport aux sons de basses fréquences pour protéger la qualité du sommeil et le bien-être mental. Elle précise que les intensités sonores maximales acceptables doivent être abaissées en présence d'un bruit dont la composante en basses fréquences est élevée. L'OMS recommande aussi qu'une analyse fréquentielle du bruit soit effectuée lorsque la différence entre la mesure en dB(A) et en dB(C) est plus élevée que 10 dB<sup>21</sup>. Le MDDEP suggère quant à lui l'application d'un terme correctif de 5 dB dans une situation où cette différence est de 20 dB et qu'il a été démontré que, dans cette situation particulière, le bruit de basses fréquences cause la nuisance accrue à l'intérieur d'un bâtiment résidentiel ou l'équivalent<sup>22</sup>.

Bien que selon Kamperman et James<sup>23</sup>, le seul fait que des plaintes de citoyens soient attribuées aux sons de basses fréquences montre que ces sons peuvent être à l'origine d'une nuisance, les études scientifiques concernant les sons de basses fréquences émis par les éoliennes sont limitées et ne sont pas dirigées directement sur la possibilité qu'ils engendrent une nuisance, ni sur la corrélation entre leur niveau et une nuisance. Elles ne

permettent donc pas d'affirmer ou d'infirmer que le niveau des sons de basses fréquences produits par les éoliennes entraîne une nuisance.

A *fortiori*, les vents turbulents nécessaires à la production de ces sons sont souvent accompagnés de vents forts et le bruit généré par ces derniers dépasse et pourrait recouvrir le bruit des éoliennes lui-même<sup>12,24</sup>. Suivant les informations présentées plus haut, à des distances normales de séparation, le niveau des sons de basses fréquences produit par les éoliennes se situerait aux alentours du seuil de perception. Ces mêmes sons n'ont pas de caractère pulsatile de sorte qu'ils sont perçus comme étant moins dérangeants<sup>10,20</sup>. À l'instar des infrasons, rien ne nous permet de conclure à un effet quelconque sur la santé lorsque leur intensité se situe en dessous du seuil de détection humaine<sup>3</sup>.

### **Foisonnement de littérature scientifique sur les sons de basses fréquences**

À l'heure actuelle, la prolifération des communications scientifiques sur les sons de basses fréquences est exponentielle. Toutefois, il n'y a pas de consensus quant à l'échelle de pondération à utiliser pour cette bande spectrale<sup>20</sup>. Il n'y a pas non plus de consensus en ce qui a trait aux limites acceptables au regard d'une exposition prolongée<sup>25</sup>. Enfin, de nouvelles hypothèses sont émises quant à des effets néfastes attribuables à ces sons notamment la possibilité de développer des affections vibroacoustiques dues à des expositions à des environnements riches en basses fréquences tels que des trains de banlieue ou des discothèques<sup>26</sup>. Les hypothèses d'effets additionnels attribués à ces ondes demeurent jusqu'à maintenant sans démonstration scientifique établie.

## **4.5 EN RÉSUMÉ**

Selon les connaissances scientifiques actuelles :

- les infrasons produits par les éoliennes ne semblent pas constituer une nuisance ni une menace pour la santé des riverains;
- les sons de basses fréquences peuvent être masqués par le bruit du vent lorsqu'il y a de la turbulence<sup>12,24</sup>;
- l'intensité des sons de basses fréquences produits par les éoliennes modernes est modérée et, à une distance normale de séparation, elle se situerait autour du seuil de détection<sup>11</sup>;
- rien ne permet de conclure à un effet quelconque des sons de basses fréquences sur la santé lorsque leur intensité est inférieure au seuil de la perception humaine<sup>3</sup>;
- il n'est pas possible de conclure que les sons de basses fréquences produits par les éoliennes constituent une nuisance pour les riverains. Il est néanmoins important de considérer que des plaintes peuvent y être attribuées, tout en se rappelant que la modulation de l'intensité d'un bruit de fréquence moyenne pourrait être perçue par l'oreille humaine comme un son de basses fréquences, sans toutefois en être un.

**RÉFÉRENCES**

1. Leventhall, G. (2007) What is infrasound? *Progress in biophysics and molecular biology*, vol. 93 no 1-3, p.130-137.
2. Janhunen, H. K. (1984) Infrasound at working places in Finland: Combined Effects of occupational exposures. Proceedings of the forth Soviet-Finnish Joint Symposium institute of occupational health, Finlande, p. 134-139.
3. Bellhouse, G. (2004) Low frequency noise and infrasound from wind turbines generators: A litterature review. Bel Acoustic Consulting, Nouvelle-Zélande, 45 p.
4. Moller, H. (1984) Physiological and psychological effects of infrasound on humans, *Journal of low frequency noise and vibration*, vol. 3 no 1, p. 1-16.
5. Yamada, S., Ikuji, M., Fujikata, S., Watanabe, T. et Kosaka, T. (1983) Body sensations of low frequency noise of ordinary persons and profoundly deaf persons, *Journal of low frequency noise and vibration*, vol. 2, p. 32-36.
6. Nakamura, N. et Inukai, Y. (1998) Proposal of models which indicate unpleasantness of low frequency noise using exploratory factor analysis and structural covariance analysis, *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, vol. 17, p. 127-134.
7. Landstrom, U. (1987) Laboratory and field study on infrasound and its effects on humans, *Journal of low frequency noise and vibration*, vol. 6 no 1, p. 29-33.
8. Kawano, A., Yamaguchi, H. et Funasaka, S. (1991) Effects of infrasound on humans: A questionnaire survey of 145 drivers of long distance transport trucks, *Practical Otology*, vol. 84 no 9, p. 1315-1324.
9. Kryter, K. D. (1985) The effects of noise on man, second edition, Florida : Academic Press Inc.
10. Leroux, T. et Gagné, J.-P. (2007) Évaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens. École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, 53 p.
11. Leventhall, G. (2005) How the « mythology » of infrasound and low frequency noise related to wind turbines might have developed, First International meeting on wind turbine noise : Perspectives of control, Berlin, octobre, 15 p.
12. Howe Gastmeier Chapnik Limited (2006) Les éoliennes et l'infrason. Rapport préparé pour l'Association canadienne de l'énergie éolienne, Ontario, Canada, 17 p.
13. Jakobsen, J. (2005) Infrasound emission from wind turbines. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, vol. 24 no 3, p. 145-155.
14. Leventhall, G. (2004) Low frequency noise an annoyance, *Noise and health*, vol. 6 no 2, p. 59-72.

15. Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) (2008) Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes - État des lieux de la filière éolienne et propositions pour la mise en oeuvre de la procédure d'implantation. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, France, 116 p.
16. Van den Berg, F. G. P. (2006) Wind induced noise in a screened microphone, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 119 no 2, p. 824 -833.
17. Van den Berg, F. G. P. (2004) Do wind turbines produce significant low frequency sound levels? 11<sup>th</sup> International meeting on low frequency noise and vibration and its control, Pays-Bas, 8 p.
18. Michaud, D., Keith, S. E. et Bly, S. H. P. (2007) A proposal for evaluating the potential health effects of wind turbine noise for projects under the Canadian Environmental Assessment Act, 2<sup>e</sup> Conférence internationale sur le bruit des éoliennes, France, 14 p.
19. Chernigovskaya, T.V. (1977) Dependence of the perception of low-frequency amplitude modulation on age and training in man, *Neuroscience and Behavioral Physiology*, vol. 8 no 4, p 341-343.
20. Saine, K., Pääkkonen, R., Lahti, T. et Aura, M. (2006) Low frequency noise - A need for guidelines? Inter-Noise 2006 The 35<sup>th</sup> international congress and exposition on noise control engineering, décembre, Hawaii, USA, 6 p.
21. Berglund, B., Lindvall, T. et Schwela, D.H. (1999) Guidelines for Community Noise. Organisation mondiale de la Santé (OMS), Geneva, 159 p.
22. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) (2006) Note d'instructions 98-01 sur le bruit des sources fixes, 9 juin, gouvernement du Québec, 23 p.
23. Kamperman, G. W. et James, R. R. (2008) The « How to » guide to criteria for siting wind turbines to prevent health risks from sound. Communication personnelle, 35 p.
24. Djokvucic, I., Hatfield, J. et Job, R. F. S. (2004) Experimental examination of the effect of attitude to the noise source on reaction, and of reaction on performance. Proceedins of Intenoise 2004, International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Prague, République tchèque, 22-25 août 2004, communication 325.
25. Chatillon, J. (2006) Limites d'exposition aux infrasons et aux ultrasons. Étude bibliographique, Institut national de recherche et de sécurité - Hygiène et sécurité au travail, France, 11 p.
26. Branco, N.A.A.C, Alves-Pereira, M. (2004) Vibroacoustic disease, *Noise and health*, vol. 6 no 23, p. 3-20.

## 5 L'EFFET STROBOSCOPIQUE ET LES OMBRES MOUVANTES

La crainte de l'effet produit par la rotation des pales des éoliennes a souvent été évoquée lorsqu'il est question des impacts potentiels des éoliennes sur la santé. Ainsi, lorsque le ciel est dégagé et que le soleil est bas sur l'horizon, l'ombre des pales en mouvement peut devenir dérangeante pour certains individus, créant ce que l'on appelle l'effet stroboscopique<sup>1</sup> ou ombres mouvantes.

### 5.1 PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ

#### **Les craintes de déclencher une crise d'épilepsie ne sont appuyées par aucune preuve scientifique jusqu'à maintenant**

Cet effet a été comparé à la stimulation lumineuse utilisée en médecine pour vérifier si un patient souffre d'épilepsie. Dans ce cas cependant, la source lumineuse est beaucoup plus rapprochée qu'une éolienne à l'horizon, à contrejour. Aussi, il faudrait que les yeux d'un individu soient exceptionnellement fixés sur l'horizon et pendant suffisamment de temps pour capter ces changements de luminosité et les transmettre aux centres du cerveau pour finalement provoquer une crise convulsive ou des ondes épileptogéniques<sup>2</sup>. La réunion de ces facteurs semble très peu probable.

De plus, le taux de clignotement des signaux lumineux utilisés en médecine pour déclencher une crise photoconvulsive est beaucoup plus élevé que ce qui est produit par un aérogénérateur. Il est ici question de 150 à 2 400 clignotements par minute par rapport à 30 à 60 clignotements par minute pour une éolienne à trois pales<sup>3</sup>.

Accessoirement, il est beaucoup plus risqué de regarder le téléviseur, celui-ci projetant des images à une fréquence semblable à celles utilisées en électrophysiologie et étant de loin le plus important déclencheur de crises photoconvulsives.

Enfin, selon la recherche réalisée dans le cadre du présent document, cette possibilité de déclencher des crises d'épilepsie par les aérogénérateurs n'a été étayée par aucun cas probant dans la littérature.

#### **Les ombres mouvantes des éoliennes sur les résidences peuvent constituer une nuisance**

Par ailleurs, la nuisance due à la projection de ces ombres mouvantes (ou *shadow flickers*) sur les résidences avoisinant les éoliennes demeure bien réelle.

Celle-ci survient davantage dans des conditions particulières, sous certaines combinaisons de position géographique, à l'heure du jour et au moment de l'année lorsque le soleil passe à l'horizon derrière les pales des éoliennes. Selon Clark, ce phénomène se produirait seulement à l'intérieur des résidences alors que le scintillement apparaît à travers une mince ouverture de la fenêtre<sup>4</sup>. D'autres auteurs mentionnent, pour leur part, que la nuisance à l'extérieur sur l'ensemble de la propriété est bien réelle et qu'elle devient évidente lorsque l'on fait des activités de loisirs ou relatives au travail<sup>1,5</sup>.

Certains auteurs évoquent la possibilité géométrique d'ombres d'éoliennes se projetant à des distances de 4,5 kilomètres au-delà de leur source<sup>6</sup>. Ils atténuent cependant leurs propos en spécifiant que les conditions optiques de l'atmosphère ne permettraient que des ombres maximales réelles de 2 kilomètres.

Accessoirement, selon Clark, le taux de scintillement produit par les pales en mouvement se situe à 1 Hz (60 fois par minute) tandis que les effets physiologiques et psychologiques adverses se produisent à des fréquences de 2,5 Hz et plus<sup>4,7</sup>. Cette donnée ne nous permet toutefois pas de nier la nuisance, mais à tout le moins d'en nuancer la portée.

### **Il n'y a pas de consensus sur l'exposition maximale aux ombres mouvantes**

Il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus ni de lignes directrices pour spécifier quelle serait l'exposition maximale à ce phénomène<sup>8</sup>. Néanmoins, différents critères sont utilisés par certains pays.

Ainsi, l'industrie danoise de l'éolien, pionnière dans le domaine, indique qu'à une distance de 500 mètres et plus, l'éolienne à l'horizon ne semblerait plus couper la lumière en morceau, mais serait perçue comme un objet avec la lumière derrière lui. Il n'y aurait donc pas de raison de prendre des précautions pour les projections d'ombres à ces distances<sup>9</sup>.

Un sondage réalisé par le Township of Lincoln's Wind Turbine Moratorium Committee auprès des riverains d'un parc éolien en Illinois aux États-Unis fait cependant mention que 41 % des résidents vivant à des distances séparatrices d'un quart (402 mètres) à un demi-mille (804 mètres) éprouvent des nuisances dues aux ombres mouvantes<sup>10</sup>.

En Allemagne, un jugement de la cour dans un cas particulier a établi une limite de projection d'ombres à un maximum de 30 heures par année. Dans ce cas, la limite d'exposition tient compte des périodes où les résidents se trouvent véritablement à l'intérieur de leur domicile. Par la suite, cette règle arbitraire a été retenue comme norme dans ce pays<sup>8</sup>.

Au Royaume-Uni, une règle a été établie que la distance minimale entre les éoliennes et les habitations doit être environ équivalente à dix fois le diamètre des pales<sup>11</sup>. À cette distance, les « *shadow flickers* » ne devraient pas créer de problème<sup>4</sup>. Cette règle serait basée sur l'expérience dans ce pays et notamment sur les éléments suivants<sup>4,11,12</sup> :

- il est rare dans l'année que le soleil soit suffisamment bas à l'horizon pour provoquer une ombre très longue;
- dans ces cas, le soleil a plus de chances d'être obstrué par les nuages, les bâtisses et la végétation;
- à grande distance, le centre de l'ombre du rotor passe plus rapidement sur le terrain affecté, réduisant du même coup la durée de l'effet;
- à grande distance, les pales ne recouvrent que partiellement le soleil de sorte que l'effet est beaucoup moindre puisque seule une petite partie de la lumière du soleil va être interceptée.



En Suède, une étude réalisée auprès de riverains en arrive aux conclusions suivantes<sup>5</sup> :

- l'impact attribuable à l'effet stroboscopique est davantage relié à la période du jour et de l'année qu'au nombre total annuel d'heures de projection d'ombres;
- les ombres dérangerait plus en soirée, d'avril à septembre, ce qui correspond à des périodes où les gens se trouvent le plus souvent, à l'extérieur de leur domicile;
- il existe une association modérément significative entre les minutes de projection par jour sur la face exposée des résidences et la nuisance;
- il y a une relation inverse de modérée à forte entre la distance séparatrice et la nuisance.

### **Mesures d'atténuation**

Différentes mesures d'atténuation sont proposées dans la littérature notamment<sup>4,6,7,10</sup> :

- le transfert des éoliennes ou du projet de parc éolien;
- la plantation de végétation;
- l'arrêt momentané des aérogénérateurs aux périodes critiques.

### **Des logiciels utilisés minutieusement permettent de prédire la projection des ombres**

Il est possible de prévoir la longueur, la durée et la projection des ombres dans l'environnement. Des modélisations permettent ainsi de prévoir là où cet effet surviendra. Plusieurs logiciels existent sur le marché. Leur application se doit d'être réalisée de façon rigoureuse, en tenant compte du pire scénario<sup>6</sup>. Ces prévisions se basent sur les éléments suivants qui sont les facteurs déterminants de l'effet des ombres mouvantes :

- l'orientation des résidences par rapport aux turbines;
- la distance des turbines;
- la hauteur du mât et le diamètre des turbines;
- la période de l'année;
- la proportion du jour (pendant l'ensoleillement) au cours de laquelle la turbine est en fonctionnement;
- la proportion d'ensoleillement et d'ennuage;
- la direction des vents dominants.

## **5.2 EN RÉSUMÉ**

Selon les connaissances scientifiques actuelles :

- les ombres mouvantes produites par les éoliennes n'entraînent pas de crises convulsives;
- ces ombres mouvantes peuvent constituer une nuisance dans certaines conditions. Toutefois, des connaissances restent à acquérir au niveau des seuils d'exposition et des critères à appliquer pour réduire la possibilité de nuisances;
- des modélisations permettent de prévoir ce phénomène;
- des mesures d'atténuation existent.



## RÉFÉRENCES

1. Ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec (2008) Développement durable de l'énergie éolienne, Projection d'ombre ou effet stroboscopique. Fiche d'information, gouvernement du Québec, 2 p.  
[http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen\\_amen\\_eoli.asp](http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen_amen_eoli.asp) (consulté le 23 novembre 2008).
2. Chouard, C. H. (2005) Le retentissement du fonctionnement des éoliennes sur la santé de l'homme. Académie nationale de médecine, France, 17 p.
3. Ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec (2008) Les orientations du gouvernement en matière d'aménagement - Pour un développement durable de l'énergie éolienne, gouvernement du Québec, 21 p.  
[http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen\\_amen\\_orie.asp](http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen_amen_orie.asp) (consulté le 23 novembre 2008).
4. Clark, A. D. (1991) A case of shadow flicker/flashing assessment and solution. Techno Policy Group, Open University, Walton Hall, Milton Keynes.
5. Widing A. *et al.* (2004) Wind Power Environmental Impact of Wind Power Station Siting, Université de Gotland, Suède.
6. Botha, P. (2005) Meridian Energy, Project West Wind Shadow flicker assessment report, Nouvelle Zélande, <http://www.meridianenergy.co.nz>. (consulté en octobre 2008).
7. Bolton R.H. (2007) Evaluation of Environmental Shadow Flicker Analysis for « Dutch Hill Wind Power Project », 18 p.
8. Lewis Wind Power (2004) Environmental statement, Lewis wind farm proposal, volume 3, Ecosse, <http://www.lewiswind.com/application/environment/>. (consulté en octobre 2008).
9. Association danoise de l'industrie éolienne (2003) Site internet : visite guidée, section environnement, onglet « Projection d'ombre », Copenhague, Danemark, [www.windpower.org/en/tour/env/shadow/index.htm](http://www.windpower.org/en/tour/env/shadow/index.htm). (consulté en octobre 2008).
10. Bittner-Mackin E. (2003) Effects of wind farm, first-hand experiences of life near wind turbine developments. Extrait du rapport final du Township of Lincoln's Wind Turbine Moratorium Committee, Illinois, États-Unis, 9 p.
11. Gouvernement de l'Écosse (2005) Planning advise note (PAN) 45 (revisited 2002): Renewable Energy Technologies, publié le 27 juillet 2005.  
<http://www.scotland.gov.uk/Publications/2002/02/pan45/pan-45>. (consulté en octobre 2008).
12. Ove Arup and Partners (2004) Planning for a renewable energy: a companion guide to PPS22, bureau du Premier ministre, Royaume-Uni, 186 p.



## 6 NUISANCES EN PHASE DE CONSTRUCTION ET SÉCURITÉ

En raison de l'ampleur et de la nature des équipements, l'installation, l'exploitation et le démantèlement d'un parc éolien peuvent éveiller certaines inquiétudes concernant la sécurité des personnes y travaillant ou se trouvant dans le voisinage. Certains travaux sont aussi susceptibles d'incommoder les populations d'accueil durant la phase de construction du parc. Ce texte présente donc les informations rassemblées sur la sécurité durant l'installation et l'exploitation d'un parc, ainsi que les nuisances en phase de construction.

### 6.1 NUISANCES EN PHASE DE CONSTRUCTION : DESCRIPTION DE LA SITUATION

Les travaux de construction entourant l'installation d'éoliennes comportent des activités telles que la circulation de véhicules lourds, l'opération d'engins de chantier et les activités de déboisement<sup>1</sup>. Le bruit, la poussière, l'augmentation de la circulation et l'utilisation et la détérioration des routes et sentiers récréatifs peuvent avoir un impact négatif de courte durée sur le bien-être de la population.

### 6.2 SÉCURITÉ AU TRAVAIL ET SÉCURITÉ PUBLIQUE : DESCRIPTION DE LA SITUATION

Les risques d'accident sont principalement liés aux phases de construction ou de démantèlement, à la maintenance d'un parc éolien et plus précisément au transport des composantes par des véhicules lourds, à la circulation de la machinerie de chantier, à l'assemblage de la structure et à la présence d'équipements sous haute tension. La majeure partie des décès et des blessures graves est survenue lors d'opérations de construction, de démantèlement ou de maintenance et impliquait des travailleurs<sup>2</sup>. Selon les travaux de Gipe sur la mortalité due à l'énergie éolienne dans le monde, vingt décès y seraient directement ou indirectement liés entre les années 1970 et 2000. Douze sont survenus lors de la construction ou le démantèlement d'éoliennes et sept lors de l'entretien. En Allemagne, en 2000, une parachutiste est décédée à la suite d'une collision avec une éolienne<sup>4</sup>. Guillet et Leteurtois ont par la suite recensé deux autres décès. Toujours en Allemagne, en 2003, un opérateur de maintenance qui avait décroché par erreur sa ligne de vie, est décédé à la suite d'une chute et un visiteur ayant fait un effort physique trop grand durant la montée à la nacelle serait décédé d'une crise cardiaque<sup>2</sup>. Plus récemment, au Québec, un accident de travail mortel est survenu à Gaspé<sup>4</sup>. Aucun autre décès ni blessure n'ont été rapportés chez la population avoisinante ou chez les visiteurs de parcs éoliens<sup>2,3,5</sup>.

Par ailleurs, des bris techniques, des imprévus et des sinistres lors de l'exploitation d'éoliennes peuvent causer des incidents qui créent un risque pour la sécurité du public<sup>1</sup>. Ces événements sont présentés dans le rapport sur la sécurité des éoliennes de Guillet et Leteurtois<sup>2</sup>. Il existe peu de sources sur l'ampleur de la zone d'influence de tels événements ainsi que la probabilité de blessures. Comme souligné par Gendron et Thériault, « le calcul des probabilités doit être mis en parallèle avec plusieurs facteurs comme la distance de projection des composantes et le risque que les objets projetés atteignent un milieu habité »<sup>1</sup>. Il est essentiel de noter que l'occurrence de tels événements est faible et qu'aucun blessé n'a été signalé.

Ces événements sont rassemblés sous quatre groupes, soit les projections d'objets, les incendies, les décharges électriques et l'effondrement de l'éolienne.

La projection d'objets, tels que des morceaux de pales ou de glace qui s'en détachent et la chute, moins fréquente, d'une pale entière constituerait l'événement le plus fréquent. Le bris d'une pale, en tout ou en partie, peut être occasionné par une faiblesse ou une anomalie de la structure de la pale ou du dispositif pale-moyeu, ou par la mise en survitesse de la machine. Aussi, bien que rare, le foudroiement d'une pale pourrait entraîner son explosion<sup>2</sup>. Les conditions climatiques peuvent aussi être à l'origine d'incidents notamment par la formation de couches de givre sur les pales qui peut donner lieu à des chutes de glace. Ces projections d'objets pourraient atteindre plusieurs centaines de mètres<sup>1,2</sup>.

Malgré sa protection, l'éolienne peut être foudroyée avec des conséquences sur tout le matériel électrique et un incendie risque alors de survenir. Une défaillance des systèmes de lubrification et de refroidissement ou une survitesse, conduisant à l'échauffement des parties mécaniques, peuvent aussi provoquer un incendie<sup>2</sup>.

D'autre part, un risque de décharge électrique, limité aux abords immédiats de l'éolienne, existe si elle est foudroyée<sup>2</sup>. La présence d'équipement électrique et de lignes de transmission expose aussi à une décharge électrique<sup>1,2</sup>.

Finalement, l'effondrement d'une éolienne peut être causé par certaines conditions météorologiques, telles que de forts vents, combinées ou non à une faiblesse des fondations ou des points de fixation de l'éolienne. Le déséquilibre résultant de la perte d'une pale pourrait aussi entraîner l'effondrement de l'éolienne<sup>1,2</sup>. Cependant, l'effondrement d'une tour est très rare<sup>1,2,5</sup>.

### **Mesures mécaniques d'atténuation des risques existantes**

Cela étant dit, il est important de préciser que les éoliennes sont munies de différents mécanismes de protection. À l'aide de capteurs, un système automatique d'arrêt d'urgence est mis en route lors d'un bris de pale, de surcharge liée aux dépôts de glace, de vibrations, de surchauffe ou d'un vent trop fort<sup>6,7</sup>. De plus, les éoliennes sont pourvues de paratonnerres et les pales sont elles-mêmes équipées de systèmes d'évacuation des décharges électriques<sup>5</sup>. Quant à la survitesse mentionnée plus haut, elle n'est possible que dans le cas d'une défectuosité des systèmes de détection, des circuits électriques ou électroniques, d'un défaut mécanique ou d'une absence d'énergie y compris de l'énergie de secours<sup>2</sup>.

Puisque les éoliennes sont soumises à des flexions et forces variées et répétées, les matériaux utilisés et leur structure sont étudiés et testés notamment pour des conditions météorologiques extrêmes, pour la résistance à la fatigue et pour le comportement dynamique de la structure. Contrairement aux éoliennes des années 1980, les pales sont aujourd'hui fabriquées avec des matériaux composites qui ont l'avantage d'être légers et extrêmement résistants<sup>5</sup>. D'ailleurs, l'Association canadienne de normalisation a récemment

élaboré des normes<sup>p</sup> en matière de conception et de protection contre la foudre. Ces normes sont basées sur les celles de la Commission Électrotechnique Internationale avec des exigences propres au Canada. L'Association a également publié un guide gratuit présentant des renseignements généraux sur les codes et les normes ayant trait à l'approbation, à la conception, à l'installation, à l'exploitation et à l'entretien des éoliennes utilisées au Canada<sup>8</sup>.

### **Mesures d'atténuation des risques par des distances séparatrices existantes**

Bien que les incidents soient peu fréquents et qu'aucun blessé lié à ces incidents n'ait été rapporté jusqu'à présent, la prudence est de mise. En conséquence, des distances séparatrices entre les éoliennes et différents usages du territoire sont parfois recommandées. Par mesure de sécurité, le Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent (CREBSL), dans son outil d'aide à la prise de décision destiné au milieu municipal, suggère une distance d'au moins quatre fois la hauteur de l'éolienne (incluant une pale en position verticale au-dessus du rotor) ou d'au moins 500 mètres. Cette distance est proposée pour toute habitation ou tout établissement fréquentés par la population tels que les centres récréatifs, les belvédères, les plages municipales, les établissements de camping ou les théâtres d'été. Une distance d'une fois la hauteur de l'éolienne plus 50 mètres est également suggérée à partir de l'emprise d'une voie ferroviaire et routière. Ces exemples de mesures sont basés pour la plupart sur l'analyse de réglementations existantes. Le CREBSL mentionne aussi que les règlements municipaux prévoient jusqu'à maintenant des distances variant de 350 mètres à 3 000 mètres dépendamment des éléments pris en considération<sup>1</sup>.

Dans un document du ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec (MAMR), il est spécifié qu'une distance d'éloignement au moins égale à la hauteur totale de l'éolienne devrait être respectée pour les lieux d'achalandage important, tels que les belvédères ou les bâtiments non utilisés à des fins résidentielles. Le ministère des Transports du Québec propose également, cette distance par rapport aux autoroutes, aux routes nationales, régionales et collectrices et aux voies ferrées. Concernant les bâtiments résidentiels, le MAMR souligne que « c'est l'éloignement requis pour assurer une atténuation du niveau sonore appropriée à un tel usage qui permettra d'assurer la sécurité de ce bâtiment et des personnes y résidant », soit les niveaux décrits dans la note d'instructions 98-01 sur le bruit du MDDEP<sup>9</sup>, révisée le 9 juin 2006.

Selon leur analyse mathématique, Abalain *et al.*, ingénieurs français et membres de groupes d'opposition aux éoliennes, recommandent une distance de quatre fois la hauteur de l'éolienne pour toute canalisation de transport d'énergie ou voie de circulation et douze fois la hauteur de l'éolienne (1 500 mètres pour une éolienne de 125 mètres) pour une habitation, ainsi qu'un périmètre de sécurité de deux fois la hauteur de l'éolienne dont l'accès serait strictement interdit au public<sup>10</sup>. Il est toutefois important de considérer que ces dernières recommandations, plus sévères que les précédentes, sont suggérées dans le cadre de travaux personnels de ces auteurs.

---

<sup>p</sup> CAN/CSA-C61400-1, Éoliennes – Partie 1 : Exigences de conception; CAN/CSA-C61400-2, Aérogénérateurs – Partie 2 : Exigences en matière de conception des petits aérogénérateurs; CAN/CSA-C61400-24, Aérogénérateurs – Partie 24 : Protection contre la foudre.

Quant à Guillet et Leteutrois, ingénieurs du Conseil général des Mines français, ils préconisent de réaliser une étude qui permettra de définir les distances d'éloignement. Ils soulignent tout de même que ces distances devront être déterminées en fonction de la sensibilité des installations concernées et qu'« aucun équipement (à l'exception des routes, des voies de promenade, des espaces verts et des locaux d'entreposage) ne devrait se trouver sous l'emprise d'une machine ». Selon eux, les distances d'éloignement pourraient être de 150 à 200 mètres pour des milieux sensibles tels que les établissements fréquentés par le public (écoles, hôpitaux...) et de 100 mètres pour les installations occupées à titre permanent (habitations)<sup>2</sup>.

### **6.3 EN RÉSUMÉ**

Selon les connaissances actuelles :

- l'installation, l'exploitation et le démantèlement d'un parc éolien peuvent entraîner un risque pour la sécurité;
- les blessures ou les décès sont peu fréquents et touchent surtout des travailleurs durant la phase de construction ou l'entretien;
- d'autre part, il n'y a pas de consensus sur les distances séparatrices à respecter pour diminuer ou éviter ce risque.



**RÉFÉRENCES**

1. Gendron, S. et Thériault, I. (2007) La filière éolienne au Bas-Saint-Laurent : un outil d'aide à la prise de décision dans le contexte municipal. Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent, Rimouski, Canada, 99 p.
2. Guillet, R. et Leteurtois, J.-P. (2004) Rapport sur la sécurité des installations éoliennes. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, France, 37 p.
3. Gipe, P. (2004) A summary of fatal accidents in wind energy, site Internet, <http://www.wind-works.org/articles/ASummaryofFatalAccidentsinWindEnergy.html> (consulté le 1<sup>er</sup> août 2008).
4. Radio-Canada (2008) Accident de travail mortel. Bulletin d'information, site Internet de Radio-Canada, <http://www.radio-canada.ca/regions/est-quebec/2008/05/16/009-accident-travail-gaspe.asp?ref=rss> (consulté le 5 août 2008).
5. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2002) Éoliennes et sécurité. Fiche d'information, France, 4 p. <http://archive.suivi-eolien.com/francais/DocsPDF/Fsecurite.pdf> (consulté le 6 août 2008).
6. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2003) Guides pratiques - Les éoliennes, sécurité. France, site Internet <http://www.ademe.fr/particuliers/fiches/eolienne/rub6.htm>, (consulté le 1<sup>er</sup> août 2008).
7. Danish wind industry association (2003) Les dispositifs de sécurité de l'éolienne, <http://www.windpower.org/fr/tour/wtrb/safety.htm> (consulté le 1<sup>er</sup> août 2008).
8. Association canadienne de normalisation (2008) Normes sur les éoliennes, site Internet, <http://www.csa.ca/standards/energy/default.asp?load=downloadform&language=French> (consulté le 6 août 2008).
9. Ministère des Affaires municipales et des Régions du Québec. (2007) Développement durable de l'énergie éolienne - Considérations en matière de sécurité publique, gouvernement du Québec, 2 p. [http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen\\_amen\\_eoli.asp](http://www.mamr.gouv.qc.ca/amenagement/amen_amen_eoli.asp) (consulté le 6 août 2008).
10. Abalain, J.-P., Chazal, J.-Y. et Schumpp, B. (2007) La sécurité publique des centrales éoliennes industrielles - Constat de carence. Société pour la Protection des Paysages et de l'Esthétique de la France, Vents des Volcans et EVENT, 30 p.



## 7 LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Les champs électromagnétiques sont présents naturellement dans l'environnement et sont aussi produits par l'activité humaine. Ils existent partout notamment où il y a de l'électricité transmise ou utilisée. Selon les renseignements obtenus, les éoliennes engendreraient des champs électromagnétiques de très faible amplitude. Cependant, les fils transportant cette électricité doivent être considérés au même titre que les fils électriques du réseau de transport et de distribution d'Hydro-Québec. Ces derniers créent ainsi deux phénomènes susceptibles d'inquiéter la population à un moment ou l'autre de la durée de vie d'un parc éolien : les champs électriques et les champs magnétiques.

### 7.1 CHAMPS ÉLECTRIQUES : DESCRIPTION DE LA SITUATION ET PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ

Un champ électrique est l'expression des forces qui résultent de l'action à distance de particules électriquement chargées sur une autre particule. Il a un sens et une grandeur, et est lié à la tension (ou voltage). Créé par la présence de charges électriques, il se mesure en volts par mètre (V/m). Il est notamment produit par le fil d'un appareil électrique branché, même si cet appareil n'est pas en marche. L'intensité du champ électrique est diminuée par la présence d'obstacles, comme des clôtures, des arbres ou des bâtiments et diminue rapidement avec la distance<sup>1</sup>.

Ni Santé Canada, ni la *Loi sur la qualité de l'environnement* québécoise n'ont déterminé de recommandation d'exposition maximale pour les champs électriques de 60 Hz<sup>q</sup> <sup>1</sup>. Pour sa part, la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (CIPRNI) a établi les recommandations suivantes pour l'exposition maximale aux champs électriques<sup>2</sup> :

- 4,2 kV/m pour la population en général;
- 8,3 kV/m pour les travailleurs de l'électricité.

Quant à l'Institut des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE), il recommande une exposition maximale de<sup>1</sup> :

- 5 kV/m pour le grand public (maximum de 10 kV/m sous les lignes à haute tension);
- 20 kV/m pour les travailleurs de l'électricité.

Ces valeurs sont dix fois inférieures aux valeurs pour lesquelles des effets de stimulation du système nerveux central pourraient apparaître. Quant au cancer, à la reproduction, au comportement et à la santé en général, les données épidémiologiques de même que les études animales ne confirment en aucun cas l'existence d'effets de ce type dus aux champs électriques<sup>1</sup>.

<sup>q</sup> Le courant utilisé est de type alternatif, c'est-à-dire un mouvement de va-et-vient des électrons dans les fils. En Amérique du Nord, ce cycle s'effectue 60 fois par seconde d'où le vocable de 60 Hz.

Les valeurs des champs électriques produits par les éoliennes ne sont pas disponibles. Néanmoins, selon les renseignements obtenus, les éoliennes elles-mêmes ne généreraient pas de champ électrique significatif puisque les câbles sous tension sont disposés à l'intérieur du pylône métallique<sup>3</sup>.

Par ailleurs, les fils de raccordement et de transport de ces installations électriques en forment davantage en raison de leur voltage modéré à élevé. À cet effet, les projets d'intégration de la production éolienne gaspésienne au réseau de transport d'Hydro-Québec font état de lignes de 161 et de 230 kV<sup>4</sup>. Directement sous les fils conducteurs, des champs électriques de 2,7 kV/m et 6,5 kV/m respectivement existent<sup>3</sup>. C'est donc uniquement sous la ligne de 230 kV que des dépassements par rapport aux recommandations de la CIPRNI se produisent. Bien que des effets secondaires soient improbables puisque ces recommandations comprennent un facteur de sécurité de dix, celles-ci constituent néanmoins des objectifs à atteindre.

## 7.2 CHAMPS MAGNÉTIQUES : DESCRIPTION DE LA SITUATION

En physique, un champ magnétique est la force engendrée par le passage d'électrons au voisinage d'un aimant ou d'un électro-aimant. Il a une grandeur et une direction. Le champ magnétique statique entourant la Terre est un des exemples naturels de ce phénomène. Il permet à l'aiguille d'une boussole de s'aligner dans la direction nord-sud<sup>1</sup>.

En électricité, les champs magnétiques sont induits par le courant qui circule dans les fils. C'est le champ magnétique qui permet, par exemple, à un moteur électrique de tourner lorsqu'il y a passage de courant dans le fil auquel il est raccordé.

L'unité de mesure des champs magnétiques s'exprime généralement en microtesla ( $\mu\text{T}$ ). Leur puissance diminue rapidement avec la distance. Contrairement au champ électrique, le champ magnétique n'est pas atténué par la présence d'obstacles et il traverse assez facilement la matière<sup>1,5</sup>. Au Québec, les champs magnétiques ambiants des habitations sont généralement de l'ordre de 0,15  $\mu\text{T}$ . Leur intensité varie d'une habitation à l'autre de façon appréciable, passant facilement de 0,05 à 0,5  $\mu\text{T}$ <sup>1</sup>.

Comme pour les champs électriques, les valeurs des champs magnétiques produits par les éoliennes ne sont pas disponibles. Selon les renseignements obtenus, les éoliennes ne généreraient pas de champ magnétique significatif puisque les câbles portant chacune des phases sont situés à proximité les uns des autres. Dans une telle configuration, les champs magnétiques engendrés par chacun d'eux s'annulent partiellement<sup>3</sup>. Cependant, les fils électriques des lignes de distribution et de transport reliées aux éoliennes en émettent comme toute autre ligne.

Selon Hydro-Québec, les travaux envisagés pour intégrer la production éolienne gaspésienne au réseau prévoient des lignes de transport de 161 et 230 kV/m<sup>4</sup>. Des champs magnétiques moyens respectifs de 0,7 et de 1,4  $\mu\text{T}$  se forment en bordure des emprises de ces lignes de transport<sup>1</sup>.

### 7.3 CHAMPS MAGNÉTIQUES : PRÉOCCUPATIONS POUR LA SANTÉ

La CIPRNI et l'Institut national de santé publique du Québec ont examiné les études réalisées sur les risques pour la santé liés aux champs magnétiques et proposent certaines conclusions dont<sup>6,7,8</sup> :

- il n'y a pas de preuve scientifique concluant à l'existence d'un lien entre l'apparition de maladie et l'exposition à ce phénomène;
- il existe possiblement une association entre une exposition chronique de 0,3-0,4  $\mu\text{T}$  et plus et l'apparition de leucémie chez l'enfant. Toutefois, si ce risque est réel, il demeure faible. En émettant l'hypothèse d'un risque relatif de 1,5, ceci signifierait que possiblement un enfant aurait une fois et demie plus de chance de développer une leucémie à la suite d'une exposition chronique à ces champs magnétiques. Considérant cette même hypothèse, environ 10 % de cas de leucémies seraient attribuables à l'ensemble des sources de champs électromagnétiques (5-6 cas/année au Québec). Toutefois, puisque peu de personnes sont exposées aux lignes électriques à haute tension, le nombre de cas reliés à celles-ci serait nettement inférieur à cette estimation;
- les données actuelles quant aux autres risques à la santé liés à l'exposition chronique à des champs magnétiques d'intensité faible, modérée ou élevée sont non concluantes ou équivoques et ne permettent pas de conclure à l'existence de tels risques.

Pour sa part, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC), en se basant sur les résultats d'études épidémiologiques de la leucémie chez l'enfant, classe les champs magnétiques dans la catégorie 2B, c'est-à-dire « cancérogène possible pour l'humain »<sup>9</sup>.

Il n'y a pas de recommandations de Santé Canada ni du MDDEP du Québec quant aux expositions maximales aux champs magnétiques. Pour leur part, la CIPRNI ainsi que l'IEEE ont formulé des recommandations de limites d'exposition pour la population et les travailleurs selon les valeurs suivantes (en  $\mu\text{T}$ ) dans le cas d'un courant alternatif à 60 Hz (tableau 5).

**Tableau 5** Recommandations de limites d'exposition aiguë dans le cas d'un courant alternatif à 60 Hertz

	CIPRNI ( $\mu\text{T}$ )	IEEE ( $\mu\text{T}$ )
Travailleurs	420	2 710
Public	83	904

Source : CIPRNI, 2001<sup>2</sup>; Hydro-Québec, 2005<sup>1</sup>.

Comme mentionné plus haut, certaines recherches épidémiologiques ont apporté des éléments en faveur d'une association entre une exposition chronique à des densités de flux magnétique très inférieures aux valeurs recommandées et un effet cancérogène potentiel.

En contrepartie, toutes les études animales réalisées à ce jour impliquant des expositions prolongées allant jusqu'à 5 000  $\mu\text{T}$  ont montré l'absence d'effet sanitaire. De plus, il a été établi que les champs magnétiques n'auraient pas d'effet potentialisateur sur d'autres agents cancérogènes<sup>1,10</sup>.

Pour sa part, l'OMS établit des recommandations sur la base de la faiblesse de l'évidence d'un lien entre les champs magnétiques de très basse fréquence et la leucémie chez l'enfant. Elle considère ainsi que les bienfaits pour la santé de la réduction de l'exposition sont incertains de sorte que le coût de cette dernière devrait demeurer très bas. Elle recommande ainsi<sup>10</sup> :

- « que les instances décisionnelles établissent des limites d'exposition pour les travailleurs de l'électricité et le public en général. Que les meilleures recommandations à cet effet proviennent des institutions internationales;
- que toutes les sources de champ magnétique d'un milieu soient comptabilisées afin de prévenir des dépassements d'exposition;
- que pourvu que les bienfaits de l'électricité ne soient pas compromis, la mise en œuvre à de très faibles coûts de mesures de précaution pour réduire les expositions est raisonnable et justifiée;
- que les autorités et les planificateurs incluent des mesures à très faible coût lors de la construction et le design de nouveaux outils ou de nouvelles infrastructures;
- que des changements aux pratiques d'ingénierie en vue de réduire les expositions soient considérés pourvu qu'ils apportent d'autres bénéfices ou n'impliquent peu ou pas de coût;
- que les changements aux sources déjà existantes de champ magnétique soient considérés en fonction de la sécurité, de la fiabilité et de considérations économiques;
- que les autorités locales renforcent les réglementations en vue de réduire les courants à la terre indésirables dans les nouvelles constructions ou lors des rénovations;
- que les autorités nationales développent une stratégie de communication efficace afin que toutes les parties prenantes puissent se faire une opinion éclairée;
- que les autorités locales améliorent la planification des nouveaux établissements incluant une meilleure consultation entre l'industrie, les gouvernements locaux et les citoyens;
- que les gouvernements et l'industrie fassent la promotion de programmes de recherche afin de réduire l'incertitude face à l'exposition aux champs électromagnétiques. »

En somme, pour ce qui est des champs magnétiques et de l'éolien, un faible risque de leucémie chez les enfants ne peut être exclu à la suite d'une exposition chronique au voisinage immédiat de l'emprise des lignes de transport d'électricité.

## **7.4 AUTRES CONSIDÉRATIONS SANITAIRES**

### **Les champs électromagnétiques et les stimulateurs cardiaques**

Dans le cas particulier des personnes portant des stimulateurs cardiaques, il y a un risque de mauvais fonctionnement de ces appareils lorsqu'ils sont soumis à des champs électriques ou magnétiques intenses. L'American conference of governmental industrial hygienists (ACGIH) recommande d'éviter les expositions aiguës supérieures à un 1 kV/m et 100  $\mu$ T<sup>11</sup>. La compagnie Medtronic quant à elle, garantit le bon fonctionnement de ses appareils jusqu'à 6 kV/m et 100  $\mu$ T<sup>12</sup>. Dans le cas des parcs éoliens, bien qu'il n'y ait pas de données disponibles, selon les renseignements obtenus, les intensités seraient nettement inférieures aux valeurs évoquées ci-dessus<sup>3</sup>. Par contre, ces chiffres sont atteints sous les fils électriques des lignes de transport. À titre préventif, Hydro-Québec recommande à ces personnes de ne pas visiter leurs installations<sup>5</sup>.

## Tensions ou courants parasites

Dans certaines situations, la proximité d'infrastructures électriques peut provoquer des effets d'induction qui se traduisent par l'apparition de tensions ou courants parasites dans différentes structures métalliques comme les mangeoires, les abreuvoirs, les barrières métalliques et les bâtisses. Une tension parasite est une différence de potentiel entre deux points susceptibles d'être touchés en même temps par un être vivant et qui peut y occasionner une circulation de courant<sup>13</sup>. Ce phénomène est connu et il pourrait entraîner une certaine morbidité chez les animaux de ferme : on a ainsi constaté que des animaux refusent de boire de façon temporaire lorsqu'ils sont exposés à ces courants<sup>14</sup>. En effet, un courant suffisamment puissant (de 4 milliampères et plus) provoquerait chez eux des problèmes de comportement, de rendement et de santé<sup>13,15,16</sup>.

Un sondage réalisé par le Township of Lincoln's Wind Turbine Moratorium Committee auprès de riverains d'un parc éolien en Illinois aux États-Unis mentionne que certains d'entre eux attribuent à ces courants des effets sur leur propre santé. Ces symptômes incluent : insomnie, diarrhée, céphalées, mictions fréquentes, dérèglement menstruel, saignements de nez et infertilité<sup>14</sup>.

Par contre, malgré ces craintes et malgré le fait que ces phénomènes aient été étudiés chez les animaux de ferme depuis plusieurs années<sup>15,16</sup>, aucun effet néfaste sur la santé des humains n'a été prouvé jusqu'à maintenant. De plus, en raison de leur morphologie, les humains sont deux fois moins sensibles que les bovins aux courants parasites.

Selon le réseau de transport de l'électricité français, des mesures simples permettent de faire face au phénomène de tensions parasites, telles que la mise à la terre et la mise en place de conditions équipotentielles des constructions métalliques<sup>17</sup>.

## 7.5 EN RÉSUMÉ

Selon les connaissances scientifiques actuelles ainsi que les informations disponibles :

- les éoliennes elles-mêmes n'entraînent pas de problèmes de santé dus aux champs électromagnétiques;
- les lignes de transport font en sorte qu'un léger degré d'incertitude demeure puisqu'elles peuvent engendrer des champs électromagnétiques significatifs pour les populations demeurant à proximité. Chez l'enfant, un risque supérieur à la normale de développer une leucémie pourrait exister à la suite d'une exposition prolongée aux champs magnétiques à proximité immédiate des lignes de transport d'électricité;
- il y a possibilité de dépassements des recommandations de l'ACGIH quant à l'exposition au champ électrique pour les porteurs de stimulateur cardiaque.





**RÉFÉRENCES**

1. Hydro-Québec. (2005) Les champs électriques et magnétiques et la santé. 30 p., [http://www.hydroquebec.info/developpementdurable/documentation/pdf/cem/pop\\_23\\_01.pdf](http://www.hydroquebec.info/developpementdurable/documentation/pdf/cem/pop_23_01.pdf) (consulté le 23 novembre 2008).
2. Commission internationale de protection sur les radiations non ionisantes (CIPRNI) (2001) Guide pour l'établissement de limites d'exposition aux champs électriques, magnétiques et électromagnétiques - Champs alternatifs (de fréquence variable dans le temps, jusqu'à 300 GHz). Traduction de *Health Physics*, 1998, vol. 74, p. 494-522. Institut national de recherche et de sécurité - Hygiène et sécurité du travail, France, 30 p.
3. Plante, Michel. Médecin-conseil, Direction santé et sécurité, Hydro-Québec. (consulté en août 2008 et octobre 2008).
4. Hydro Québec TransÉnergie (2007) Intégration de la production éolienne au réseau de transport. Information générale et bulletin numéro 2.
5. Hydro Québec (2008) Comprendre - Champs électriques et magnétiques, site Internet, <http://www.hydroquebec.com/comprendre/champs/index.html>.
6. Levallois, P., Lajoie, P., Gauvin, D., Carrier, G., Daveluy, A., Drouin, L., Prévost, C., Thériault, G. et Tremblay, C. (2000) Consensus sur l'évaluation et la gestion des risques associés à l'exposition aux champs électriques et magnétiques provenant des lignes électriques. Rapport du groupe de travail du ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, 38 p.
7. Ahlbom, A., Cardis, E., Green A., Lnet, M. Savitz D. et Swerdlow, A. (2001) Review of the epidemiologic literature on electromagnetic field and health, Commission internationale de protection sur les radiations non ionisantes, *Environmental health perspectives*, vol. 109 (suppl 6), p. 911-933.
8. Gauvin, D., Ngamga Djeutcha, E. et Levallois, P. (2007) Exposition aux champs électromagnétiques : mise à jour des risques pour la santé et pertinence de la mise en œuvre du principe de précaution. Institut national de santé publique du Québec, Québec, 144 p.
9. Centre international de recherche sur le cancer et Organisation mondiale de la Santé (2002) Monographie sur l'évaluation des risques de carcinogenèse chez l'humain et les radiations non ionisantes, partie 1 : les champs électriques et magnétiques statiques de très basse fréquence, volume 80.
10. Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2007) Champs électromagnétiques d'extrême basse fréquence. Monographie 238, [http://www.who.int/peh-emf/publications/elf\\_ehc/en/index.html](http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html) (consulté le 23 novembre 2008).
11. Collège américain des hygiénistes industriels (2003) Valeurs limites d'exposition à des substances chimiques et des agents physiques et indices d'exposition biologiques : champs magnétiques et fréquences de 30kHz et moins. Cincinnati.

12. Medtronic. Electromagnetic compatibility, electromagnetic interference. Standard letter, CRDM technical services USA.
13. Hydro-Québec. (2005) Les tensions parasites à la ferme. Guide pratique, 33 p.  
[http://www.hydroquebec.com/publications/fr/autres/pdf/tension\\_parasite.pdf](http://www.hydroquebec.com/publications/fr/autres/pdf/tension_parasite.pdf) (consulté le 23 novembre 2008).
14. Bittner-Mackin E. (2003) Effects of wind farm, first-hand experiences of life near wind turbine developments. Extrait du rapport final du Township of Lincoln's Wind Turbine Moratorium Committee, Illinois, États-Unis, 9 p.
15. Ficks, R. et Surbrook, T. (2006) A review of stray voltage research, effects on livestock, préparé par le Michigan Electric Council, East Lansing, Université de l'état du Michigan, 36 p. (<http://efile.mpsc.cis.state.mi.us/efile/docs/13934/0050.pdf>).
16. USDA Agricultural Handbook (1991) Effects of Electrical Voltage/Current on Farm Animals: How to Detect and Remedy Problems, no 696.
17. Gestionnaire public du réseau de transport de l'électricité (2008) Site Internet, <http://www.rte-france.com>, section environnement, onglet « champs électromagnétiques » (consulté en septembre 2008).

## CONCLUSION

De l'examen de la littérature effectué par le comité sur les éoliennes de la TNCSE, il ressort que la principale préoccupation pour la santé associée à l'implantation de parcs éoliens est la nuisance. Celle-ci se définit comme un « sentiment de déplaisir associé à un agent ou à une condition considéré comme affectant négativement un individu ou un groupe »<sup>1</sup>.

L'inconfort, la gêne, le déplaisir et un sentiment d'impuissance sont susceptibles de survenir à différents niveaux lors de l'établissement et de l'exploitation d'un parc éolien. Ils sont reliés à l'intégration à l'environnement physique et social d'éléments nouveaux notamment, un son, des structures qui modifient le paysage, des ombres mouvantes, et pour certains, une perte de quiétude et l'impression de s'être fait imposer un nouveau développement sans y adhérer.

Le présent document a donc permis de rassembler l'information sur les préoccupations pour la santé. Ces constats, basés sur les connaissances scientifiques rassemblées, visent à favoriser une meilleure analyse des projets éoliens par les directions de santé publique.

### Effets sociaux

Les effets sociaux constituent un aspect de l'intervention en santé publique auquel il convient d'accorder une grande importance. À la lumière des informations disponibles sur les effets sociaux entourant l'implantation d'un projet éolien, il ressort que les interactions entre les facteurs qui influencent l'acceptabilité et les impacts sociaux sont multiples. De plus, chaque contexte ou milieu d'implantation est particulier.

L'acceptabilité sociale est influencée par quatre groupes de facteurs proposés par le groupe UQAR soit ceux liés à la filière éolienne, au projet spécifique, au processus décisionnel et au milieu social. Bien que les projets éoliens aient des impacts sociaux positifs, les conflits engendrés notamment par les divergences d'opinions et les sentiments d'injustice entre les membres d'une même communauté peuvent avoir un effet négatif sur le capital social.

### Nuisance sonore

Dans certaines situations, les éoliennes peuvent être responsables d'une perturbation sonore d'un milieu généralement calme et choisi par plusieurs résidents pour cette qualité. De plus, dans certaines conditions, les éoliennes émettent un son caractéristique, notamment dû à la modulation de l'intensité, dont il est difficile pour certains de faire abstraction.

L'intensité sonore des éoliennes est insuffisante pour influencer de façon négative l'audition des riverains. Des témoignages de certains amènent à soupçonner que le bruit des éoliennes pourrait déranger le sommeil des personnes vivant à proximité. Toutefois, les preuves scientifiques restent encore à établir. D'autre part, l'exposition au bruit des éoliennes peut représenter une nuisance dans certaines conditions à l'extérieur des maisons, mais des connaissances scientifiques restent à acquérir sur les niveaux qui causent ces nuisances et les critères à appliquer pour les réduire. Également, en plus de varier selon le niveau sonore,

le sentiment de nuisance entraînée par le bruit des éoliennes a été associé à d'autres facteurs, notamment leur visibilité et l'attitude des personnes face aux éoliennes.

### **Infrasons et sons de basses fréquences**

Les infrasons générés par les éoliennes ne semblent pas d'une intensité suffisante pour causer des problèmes de santé ni une nuisance.

Les sons de basses fréquences émis par les éoliennes pourraient être entendus dans certaines conditions et des plaintes y seraient attribuées. Toutefois, à des distances habituelles de séparation, acceptables pour les sons de fréquences plus élevées, les niveaux se situeraient aux alentours du seuil de perception. De plus, la modulation de l'intensité d'un bruit de fréquence moyenne pourrait être perçue par l'oreille humaine comme un son de basses fréquences, sans toutefois en être un. Considérant les connaissances scientifiques actuelles limitées et dans ces conditions, il n'est pas possible de conclure que les sons de basses fréquences produits par les éoliennes constituent une nuisance.

### **Ombres mouvantes ou effet stroboscopique**

Les ombres décuplées et mouvantes des aérogénérateurs peuvent provoquer un inconfort supplémentaire pour les riverains. Ce phénomène est surtout ressenti en été, le soir lorsque les résidents se retrouvent à l'extérieur de leur résidence et que le soleil est à l'horizon. En particulier, les résidents situés à l'est des éoliennes seraient les plus touchés. Une modélisation précise donnerait une idée juste du phénomène tandis qu'une distance séparatrice adaptée permettrait la réduction de ces ombres à des niveaux acceptables. Il est donc possible de réduire cette nuisance.

### **Sécurité et nuisances en phase de construction**

Selon les connaissances actuelles, l'installation, l'exploitation et le démantèlement d'un parc éolien peuvent entraîner un risque pour la sécurité. Toutefois, les blessures ou les décès sont très peu fréquents et touchent surtout des travailleurs durant la phase de construction ou l'entretien. D'autre part, les éoliennes sont munies de plusieurs systèmes permettant de réduire le risque de mauvais fonctionnement. Enfin, il n'y a pas de consensus sur les distances séparatrices à respecter pour diminuer ou éviter ce risque.

### **Champs électromagnétiques et tensions parasites**

Étant donné leur faible densité de production et selon les renseignements obtenus, les champs électromagnétiques créés par les éoliennes ne présentent pas de risque pour la santé des riverains. Cependant, chez l'enfant, un risque supérieur à la normale de développer une leucémie à la suite d'une exposition aux champs électromagnétiques à proximité immédiate des lignes de transport d'électricité pourrait exister. Si ce risque s'avérait réel, il serait néanmoins faible. D'autre part, les études animales concluent de façon quasi unanime à l'absence d'effets néfastes liés aux champs électromagnétiques produits par les installations électriques. Devant l'incertitude d'effet grave chez les enfants, la prudence est de mise.

## Synergie des nuisances

Il est important de mentionner que, pour certaines personnes, chaque type de nuisances engendrées par les éoliennes peut renforcer les autres. La nuisance due au bruit peut être ainsi accentuée par l'intrusion visuelle des aérogénérateurs. Il y a de fait une relation directe entre la hauteur d'une éolienne devant une résidence (angle visuel vertical) et l'inconfort lié au bruit de cet appareil<sup>2</sup>. Les ombres mouvantes projetées sur les résidences peuvent aussi renforcer cette nuisance.

Par ailleurs, selon le sondage de la firme Multi Reso réalisé en 2007, 20 % des gens interrogés habitant à 10 km ou moins d'un parc éolien étaient peu ou pas en accord avec l'énoncé « le promoteur a été à l'écoute des préoccupations des citoyens » et 19 % ne pensaient pas que « le promoteur a bien présenté et expliqué son projet »<sup>3</sup>. Il s'agit d'une proportion non négligeable et chez ces gens, une impression de manque de transparence dans les données projetées, d'absence de consultation, d'injustice et d'impuissance pourrait favoriser une perception négative de l'industrie éolienne ou du projet. Cette perception pourrait alors accentuer les inconforts dus aux nuisances précitées.

## Recommandations

Considérant que les connaissances scientifiques sont souvent limitées pour plusieurs aspects, il serait opportun de mettre sur pied une veille scientifique portant sur les principaux objets de préoccupations abordés dans ce document.

Plusieurs préoccupations devraient éventuellement être étayées par des connaissances supplémentaires. Tel est le cas notamment des éléments suivants :

- la méthode d'évaluation de l'impact sonore des éoliennes dans un milieu, les niveaux et les conditions occasionnant une nuisance ainsi que les critères permettant de la réduire;
- les incertitudes par rapport aux sons de basses fréquences produits par les éoliennes;
- la démonstration scientifique de la pertinence d'une distance de séparation spécifique pour une atténuation efficace de l'effet stroboscopique;
- la distance séparatrice sécuritaire diminuant le risque d'accidents dus à des projections d'objets, des incendies, des décharges électriques et l'effondrement d'une éolienne.

Étant donné le nombre grandissant de concitoyens vivant à proximité d'éoliennes, il y aurait également lieu de documenter les plaintes et de décrire l'exposition des individus dérangés.

Finalement, dans une perspective de développement durable, le comité éoliennes de la TNCSE estime important de réduire chacune des nuisances à des niveaux jugés acceptables afin de préserver la santé, le bien-être et la qualité de vie des communautés. L'implication de la population le plus tôt possible dans le processus de planification et de mise en place d'un projet éolien permettra de prendre en considération ces nuisances et de les réduire le plus efficacement possible. La transparence de la communication apparaît pour sa part essentielle à l'acceptabilité sociale des projets et à la réduction des impacts sociaux.



## RÉFÉRENCES

1. Lindvall, T. et Radford, T. P. (1973) Measurements of annoyance due to exposure to environmental factors *Environmental research*, vol. 6, p. 1-36.
2. Pedersen, E. et Waye, K. P. (2007) Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, *Occupational and environmental medicine*, février, vol. 64, p. 480-486.
3. Multi réso (2008) Les éoliennes : c'est bon et c'est beau!, bulletin Enerview, multi réso et senergis, 6 p.





## **ANNEXE 1**

### **EXEMPLES DE FICHE D'INFORMATION À LA POPULATION**



## LES ÉOLIENNES ET LE BRUIT

### DESCRIPTION DE LA SITUATION

Les niveaux de bruit associés aux éoliennes seraient de l'ordre de 40 décibels à une distance de 500 mètres (pour une éolienne de 1,5 mégawatt), bien que cela dépende de plusieurs facteurs : conditions atmosphériques, topographie des lieux, couvert végétal. Le bruit provient principalement de la turbulence des mouvements de l'air sur les pales. De plus, l'intensité du bruit varie lorsque les pales de l'éolienne passent devant le mât, ce qui peut être perçu comme un battement. Ce battement serait plus difficilement masqué par le bruit ambiant surtout en conditions d'inversions de température. Pour les éoliennes modernes, le bruit mécanique provenant de la nacelle aurait été réduit à des niveaux inaudibles à 200 mètres.

### LES EFFETS SUR LA SANTÉ SELON LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

Selon la littérature scientifique, les niveaux de bruit produits par les éoliennes n'occasionneraient pas d'effets directs sur la santé comme la perte d'audition. Par contre, sous certaines conditions et chez certaines personnes plus sensibles, ces niveaux seraient suffisants pour occasionner une nuisance à l'extérieur des maisons. Ceci surviendrait particulièrement dans des environnements calmes et paisibles. Par ailleurs, les preuves scientifiques ne sont pas suffisantes pour confirmer un dérangement du sommeil.

Jusqu'à présent, les critères qui permettent de réduire la possibilité de nuisances lors de la planification de projets ne sont pas identifiés, mais il est tout de même possible de limiter l'augmentation du niveau de bruit d'un milieu.

### LES RECOMMANDATIONS DE LA DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE

- Que des modélisations du son soient réalisées selon les conditions les plus favorables à la propagation du son;
- Que les niveaux sonores de la note d'instruction du MDDEP, notamment 40 dB(A) la nuit et 45 dB(A) le jour, en milieu résidentiel, et une émergence maximale de 5 dB(A) le jour et 3 dB(A) la nuit, soient respectés;
- Qu'un suivi des plaintes par le promoteur et le comité de suivi ainsi qu'un entretien mécanique adéquat soient effectués;
- Que des études sur la méthode d'évaluation du bruit produit par les parcs éoliens ainsi que les critères à respecter pour réduire la possibilité de nuisances soient promues.

## **LES ÉOLIENNES, LES INFRASONS ET LES SONS DE BASSES FRÉQUENCES**

### **DESCRIPTION DE LA SITUATION**

On appelle infrason un son dont la fréquence est inférieure à 20 hertz. Par comparaison, la voix humaine correspond à une fréquence variant entre 500 et 4 000 hertz. Pour être entendu par l'oreille ou perçu par le corps sous forme de vibration, l'intensité des infrasons doit être très élevée. Par exemple, un son de 10 hertz sera ressenti seulement à une puissance supérieure à 100 décibels. Les infrasons sont produits notamment par les véhicules motorisés, le vent et les vagues.

Il existe également des sons de basses fréquences (20 à 200 hertz). Ces sons graves sont perçus à des intensités supérieures aux sons aigus, par exemple environ 40 décibel à 60 hertz mais voyagent plus loin que ces derniers. Les sons de basses fréquences sont produits notamment par la circulation automobile, les climatiseurs et les trains.

### **LES EFFETS SUR LA SANTÉ SELON LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE**

Différentes études ont tenté d'établir une relation entre les infrasons et des effets sur la santé. Les auteurs concluent que l'oreille est le récepteur le plus sensible du corps et qu'aucune perception n'est ressentie avant que l'infrason ait été entendu par les personnes ayant une audition normale. Les éoliennes génèrent des infrasons à une intensité beaucoup trop faible pour être entendue. Les infrasons inaudibles n'auraient pas d'effet sur la santé.

Les éoliennes produiraient des sons de basses fréquences qui pourraient être entendus dans certaines conditions, mais aucune étude scientifique ne les a associés à une nuisance. Leur intensité se situerait aux alentours du seuil de perception à des distances de séparation normale. De plus, en présence de vents plus turbulents, leurs niveaux augmenteraient, mais pourraient être masqués par le bruit du vent et les sons de fréquences supérieures produits par les éoliennes elles-mêmes. Par ailleurs, la modulation de l'intensité du bruit des éoliennes lorsqu'une pale passe devant le mât pourrait être perçue comme un son de basse fréquence, sans toutefois en être un.

### **LES RECOMMANDATIONS DE LA DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE**

- Que des études sur les sons de basses fréquences produits par les éoliennes soient promues;
- Qu'un suivi des plaintes soit réalisé par le promoteur et le comité de suivi.

## LES ÉOLIENNES ET L'EFFET STROBOSCOPIQUE

### DESCRIPTION DE LA SITUATION

L'effet stroboscopique survient lorsque le ciel est dégagé et que le soleil est bas sur l'horizon et situé derrière une éolienne par rapport à un observateur. L'ombre des pales en mouvement peut alors être dérangement pour certains individus. Le clignotement perçu fait parfois craindre le déclenchement de crises épileptiques dans la population.

### LES EFFETS SUR LA SANTÉ SELON LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

La consultation de la littérature scientifique n'a pas permis de répertorier de cas de déclenchement de crises épileptiques liées aux éoliennes. Pour qu'une crise soit déclenchée, l'appareil qui émet des signaux lumineux doit produire de 150 à 2 400 clignotements par minute. Or, une éolienne à trois pales produit de 30 à 60 clignotements par minute. Ceci rend très improbable sa contribution aux crises photo-convulsives.

D'un autre côté, le mouvement des pales et la projection d'ombre sur les résidences avoisinant les éoliennes peut occasionner de la nuisance. Par contre, à une distance de 500 mètres et plus, l'éolienne ne semblerait plus couper la lumière en morceaux mais serait perçue simplement comme un objet cachant la lumière.

### LES RECOMMANDATIONS DE LA DIRECTION DE SANTÉ PUBLIQUE

- Qu'une modélisation des projections d'ombres soit réalisée à l'aide d'une méthode éprouvée en tenant compte du pire scénario;
- Que cette modélisation permette d'établir s'il y a projection d'ombres mouvantes sur les faces exposées des résidences existantes de même que sur celles projetées, et ce, particulièrement pour les soirées d'avril à septembre, de 17 à 21 heures;
- Dans les cas où il y a projection d'ombres mouvantes tel que mentionné ci-dessus, qu'une planification des mesures d'atténuation soit produite par le promoteur;
- Devant l'impossibilité de réduire de façon satisfaisante les ombres mouvantes, une distance minimale de séparation, entre la turbine et la résidence la plus près, de dix fois le diamètre des pales des éoliennes devrait être envisagée comme c'est le cas dans certains pays.



## **ANNEXE 2**

### **EXEMPLES DE QUESTIONS POSÉES LORS D'AUDIENCES PUBLIQUES SUR DES PROJETS DE PARCS ÉOLIENS AU QUÉBEC**





Sources : Transcriptions des séances publiques du BAPE des projets éoliens à Carleton-sur-Mer (octobre et novembre 2006), dans la MRC de Matane (mai et juin 2006), dans la MRC de Rivière-du-Loup (mai et juin 2006), à Saint-Ulric, Saint-Léandre et Saint-Damase (avril et mai 2006), à Baie-des-Sables et à L'Anse-à-Valleau (mai et juin 2005), à Murdochville (mai et juin 2005) et à Murdochville (monts Copper et Miller) (décembre 2003 et janvier 2004).

## **Général**

Est-ce qu'il y a un risque pour la santé des gens qui sont près de ces éoliennes?

Est-ce que, selon vous, il peut y avoir des effets sur la santé dus aux nuisances engendrées par les éoliennes, par exemple par l'effet stroboscopique ou les infrasons?

## **Bruit**

Du côté sonore, est-ce que l'OMS actuellement rediscute ces indicateurs que sont les doses équivalentes de nuit et de jour?

Au niveau du ministère de la Santé et des Services sociaux, est-ce que vous avez des informations relatives à tout cet aspect bruit sur la santé des populations?

À partir de combien de décibel un changement dans l'ambiance sonore de son environnement est perceptible?

La teneur du bruit de fond peut être de combien en milieu rural?

Est-ce qu'à votre connaissance, il y a des effets connus de perturbation du sommeil à long terme, sur une longue période. Est-ce que pour quelqu'un, il pourrait y avoir une perturbation continue, à long terme, de l'effet du bruit des éoliennes?

Est-ce que dans les études en question, on retrouve un impact cumulatif concernant des impacts cumulatifs sonores à long terme; c'est-à-dire est-ce qu'on a quelque chose qui étudie ça?

Est-ce qu'il y a un effet d'augmentation des bruits lorsque plusieurs éoliennes sont présentes à proximité ou autour d'une maison?

Est-il possible d'obtenir les *proceedings* de la conférence qui a eu lieu à Berlin en octobre 2005?

Il y a une étude en cours à Cap Breton car un homme aurait déménagé parce que sa famille et lui étaient dérangés par le bruit des éoliennes. Êtes-vous au courant?

## **Infrasons**

Qu'est-ce que vous pouvez nous dire de plus selon votre connaissance, à propos des vibrations qui sont provoquées lorsque, entre autres, la pale passe à la hauteur des tours, les conséquences que ça pourrait entraîner?

Certains disent qu'il n'y a pas d'infrasons produits pas les éoliennes tandis que d'autres disent que c'est le principal problème. Une étude scientifique parle de *low pitched thumping sound with a repetition rate of about once a second* (van Den Berg, 2003). Qu'en est-il vraiment, est-ce que les éoliennes émettent des basses fréquences ou n'en émettent pas?

Une personne rapporte une étude scientifique (Alberts, 2005) et un document de Mme Pierpont (2006). Il mentionne les décibels A, C et G, que les plus nuisibles sont les G, celles de basses fréquences et parle de la propagation de ces sons. « Je suis pas un expert, je suis pas capable de tout disséquer tout ça, mais ce que je vous dis, c'est qu'il y a de la littérature importante sur l'effet du son sur la santé des gens. »

### **Effet stroboscopique**

Quand le soleil se couche et se projette sur les pales et que le reflet revient et entre dans la maison, est-ce que c'est parce que les éoliennes sont trop proches des maisons? Ont-ils pensé à cet effet et ont-ils prévu une façon de l'éviter?

Est-ce que vous avez dans la littérature que vous avez parcourue vu des effets de réflexion qui auraient créé des nuisances ? Par exemple la résidence est à la place de mon micro, le soleil est ici et l'éolienne là, le reflet du soleil sur l'éolienne qui viendrait nuire?

Quand le soleil se lève, les éoliennes vont tourner, est-ce que ça peut faire un effet comme stroboscopique?

Est-ce qu'au niveau du ministère de la Santé et des Services sociaux, cet aspect-là de l'effet stroboscopique a été regardé ou est-ce que vous avez des informations à nous transmettre à cet effet?

### **Sécurité**

Est-ce qu'il y a un répertoire des accidents?

Même s'il n'y a pas de registre des accidents, est-ce que, à l'échelle du Québec, jusqu'à maintenant, il y a eu des accidents, peu importe leur nature, et plus particulièrement s'il y a eu des feux?

### **Nuisance en phase de construction**

Aucune question n'a été répertoriée jusqu'à présent.

### **Effets psychosociaux**

Est-ce qu'ils peuvent aussi être tout à fait perturbés par le fait qu'ils sortent dehors et il y a pas moyen de voir en quelque part un espace dans leur champ de vision où il y en a pas?

### **Champs électromagnétiques**

Aucune question n'a été répertoriée jusqu'à présent.

## Autres

Dans le cas d'un déversement d'huiles, si celles-ci ont un potentiel cancérigène, est-ce qu'on devrait s'inquiéter?

Un monsieur propose d'envisager la réalisation d'une étude toxicologique qui serait associée à la contamination des eaux d'approvisionnement par des huiles contenant des BPC, des dioxines, des furanes, etc. Quelle est votre première réaction face à sa préoccupation?

On demande de consulter un document qui sera mis disponible sur Internet et transmettre des commentaires par écrit s'il y a lieu.

Une personne voudrait savoir si vous souscrivez à la recommandation de l'Organisation mondiale de la Santé qui dit ceci : « Quand il existe un risque que la santé publique soit mise en danger, une mesure devrait être prise pour protéger la santé publique sans attendre que la preuve scientifique soit pleinement établie. Les coûts associés à la pollution par le bruit, y compris la surveillance, la gestion, la réduction des niveaux et la supervision doivent être assumés par le responsable de la source du bruit. Des mesures devraient être prises pour réduire le bruit à la source chaque fois que cela s'avère possible. »

Une personne mentionne que plusieurs pays ont un moratoire sur l'implantation de parcs éoliens. Elle souhaite que tous les impacts soient considérés de façon systématique et que plus d'études soient réalisées avant de poursuivre le développement de cette filière au Québec.



## **ANNEXE 3**

### **LISTE DES LECTURES LES PLUS PERTINENTES POUR CHAQUE SUJET**



## Effets sociaux et communautaires entourant l'implantation d'un parc éolien

Devine-Wright, P. (2005) Beyond NIMBYism: towards an intergrated framework for understanding public perceptions of wind energy, *Wind Energy*, vol. 8, p.125-139.

Feurtey, É., Dufour, D., Vaillancourt, M., Joncas, M., Saucier, C., Côté, G., Jean, B., Sakout, A., Goujard, B et Hamdouni, A. (2008) Guide à l'intention des élus municipaux du Québec « Énergie éolienne et acceptabilité sociale ». Université du Québec à Rimouski, 164 p. <http://www.uqar.qc.ca/crdt/fr/frames.html>, consulté le 2 décembre 2008.

Saucier, C., Côté, G., Fortin, M.-J., Jean, B., Lafontaine, D., Feurtey, É., Guillemette, M., Méthot, J.-F. et Wilson, J. (2009) Développement territorial et filière éolienne - Des installations éoliennes socialement acceptables : élaboration d'un modèle d'évaluation de projets dans une perspective de développement territorial durable, Rapport final, Unité de recherche sur le développement territorial durable et la filière éolienne, Université du Québec à Rimouski, mai, <http://www.uqar.quebec.ca/crdt/documents/2009-06%20-%20Rapport%20D%E9veloppement%20territorial%20et%20fil%E8re%20%E9olienne.pdf>.

Wolsink, M. (2007) Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of "backyard motives", *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 11, p. 1188-1207.

## Son, bruit, infrasons et sons de basses fréquences

Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) (2008) Impacts sanitaires du bruit généré par les éoliennes - État des lieux de la filière éolienne et propositions pour la mise en œuvre de la procédure d'implantation. Avis de l'AFSSET et rapport du groupe d'experts, France, 67 p.

Berglund, B., Lindvall, T. et Schwela, D.H. (1999) Guidelines for Community Noise. Organisation mondiale de la Santé (OMS), Geneva, 1999, 159 p. <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>.

Brüel & Kjaer (2001) Bruit de l'environnement. Brüel & Kjaer Sound & Vibration, Danemark, 67 p.

International standard organization (ISO) (2003) Norme internationale ISO-1996-1 : 2003(F). Acoustique – Description, mesurage et évaluation du bruit de l'environnement. Partie 1 : Grandeurs fondamentales et méthodes d'évaluation. Genève, 27 p.

Leroux, T. et Gagné, J.-P. (2007) Évaluation des impacts sur la santé des populations vivant à proximité des parcs éoliens. École d'orthophonie et d'audiologie, Université de Montréal, 53 p.

Leventhall, G. (2005) How the « mythology » of infrasound and low frequency noise related to wind turbines might have developed, First International meeting on wind turbine noise: Perspectives of control, Berlin, octobre, 15 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2008) Directive pour la réalisation d'une étude d'impacts sur l'environnement d'un projet de parc éolien, août, gouvernement du Québec, 22 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (2006) Note d'instructions 98-01 sur le bruit des sources fixes, 9 juin, gouvernement du Québec, 23 p.

Pedersen, E. et Wayne, K. P. (2007) Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments, *Occupational and environmental medicine*, vol. 64, p. 480-486.

Les communications scientifiques présentées aux conférences internationales sur le bruit des éoliennes "WindTurbineNoise".

Les communications scientifiques présentées à la conférence Internoise 2009 portant sur les éoliennes.

### **Sécurité et nuisances en phase de construction**

Gendron, S. et Thériault, I. (2007) La filière éolienne au Bas-Saint-Laurent : un outil d'aide à la prise de décision dans le contexte municipal. Conseil régional de l'environnement du Bas-Saint-Laurent, Rimouski, Canada, 99 p.

Guillet, R. et Leteurtrois, J.-P. (2004) Rapport sur la sécurité des installations éoliennes. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, France, 37 p.

### **Champs électromagnétiques**

Gauvin, D., Ngamga Djeutcha, E. et Levallois, P. (2007) Exposition aux champs électromagnétiques : mise à jour des risques pour la santé et pertinence de la mise en œuvre du principe de précaution. Institut national de santé publique du Québec, Québec, 144 p.







