



# COMPRÉHENSION DES DONNÉES : BRUIT DES ÉOLIENNES

Sommaire



Council of Canadian Academies  
Conseil des académies canadiennes

*Le savoir au service du public*



## **COMPRÉHENSION DES DONNÉES : BRUIT DES ÉOLIENNES**

**Le comité d'experts sur les éoliennes, le bruit et la santé humaine**

## LE CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES

180, rue Elgin, bureau 1401, Ottawa (Ontario) Canada K2P 2K3

**Avis :** Le projet sur lequel porte ce rapport a été entrepris avec l'approbation du conseil des gouverneurs du Conseil des académies canadiennes (CAC). Les membres du conseil des gouverneurs sont issus de la Société royale du Canada (SRC), de l'Académie canadienne du génie (ACG) et de l'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS), ainsi que du grand public. Les membres du comité d'experts responsable du rapport ont été choisis par le CAC en raison de leurs compétences spécifiques et dans le but d'obtenir un éventail équilibré de points de vue.

Ce rapport a été préparé pour le gouvernement du Canada, en réponse à la demande du Ministre de la Santé. Les opinions, constatations et conclusions présentées dans cette publication sont celles des auteurs, à savoir les membres du comité d'experts sur les éoliennes, le bruit et la santé humaine, et ne reflètent pas nécessairement les points de vue des organisations où ils travaillent ou auxquelles ils sont affiliés.

ISBN : 978-1-926522-08-1

Ce rapport peut être cité comme suit :

Conseil des académies canadiennes, 2015. *Compréhension des données : Bruits des éoliennes*. Ottawa, ON : Le comité d'experts sur les éoliennes, le bruit et la santé humaine, Conseil des académies canadiennes.

**Avis de non-responsabilité :** Au meilleur de la connaissance du CAC, les données et les informations tirées d'Internet qui figurent dans le présent rapport étaient exactes à la date de publication du rapport. En raison de la nature dynamique d'Internet, des ressources gratuites et accessibles au public peuvent subséquemment faire l'objet de restrictions ou de frais d'accès, et l'emplacement des éléments d'information peut changer lorsque les menus et les pages Web sont modifiés.

© 2015 Conseil des académies canadiennes

Imprimé à Ottawa, Canada



## **Le Conseil des académies canadiennes**

### *Le savoir au service du public*

Le Conseil des académies canadiennes (CAC) est un organisme indépendant à but non lucratif qui soutient des évaluations spécialisées indépendantes, étayées scientifiquement et faisant autorité, qui alimentent l'élaboration de politiques publiques au Canada. Dirigé par un conseil de 12 gouverneurs et conseillé par un comité consultatif scientifique de 16 membres, le CAC a pour champ d'action la « science » au sens large, ce qui englobe les sciences naturelles, les sciences humaines et sociales, les sciences de la santé, le génie et les lettres. Les évaluations du CAC sont effectuées par des comités pluridisciplinaires indépendants d'experts provenant du Canada et de l'étranger. Ces évaluations visent à cerner des problèmes nouveaux, des lacunes de nos connaissances, les atouts du Canada, ainsi que les tendances et les pratiques internationales. Ces études fournissent aux décideurs gouvernementaux, aux universitaires et aux parties prenantes l'information de grande qualité dont ils ont besoin pour élaborer des politiques publiques éclairées et innovatrices.

Tous les rapports d'évaluation du CAC sont soumis à un examen formel. Ils sont publiés en français et en anglais, et mis à la disposition du public sans frais. Des fondations, des organisations non gouvernementales, le secteur privé et tout palier de gouvernement peuvent soumettre au CAC des questions susceptibles de faire l'objet d'une évaluation. Le CAC bénéficie aussi du soutien de ses trois académies membres fondatrices :

**La Société royale du Canada (SRC)** est le principal organisme national regroupant d'éminents scientifiques, chercheurs et gens de lettres au Canada. La SRC a pour objectif premier de promouvoir l'acquisition du savoir et la recherche en arts et en sciences. La Société est composée de près de 2 000 membres, hommes et femmes, choisis par leurs pairs pour leurs réalisations exceptionnelles en sciences naturelles, en sciences sociales, en sciences humaines et dans les arts. La SRC s'attache à reconnaître l'excellence universitaire, à conseiller les gouvernements et les organisations, ainsi qu'à promouvoir la culture canadienne.

**L'Académie canadienne du génie (ACG)** est l'organisme national par l'entremise duquel les ingénieurs les plus chevronnés et expérimentés du Canada offrent au pays des conseils stratégiques sur des enjeux d'importance primordiale. Fondée en 1987, l'ACG est un organisme indépendant, autonome et à but non lucratif. Les membres de l'ACG sont nommés et élus par leurs pairs en reconnaissance de leurs réalisations exceptionnelles et de leurs longs états de service au sein

de la profession d'ingénieur. Au nombre d'environ 600, les membres de l'ACG s'engagent à faire en sorte que les connaissances expertes en génie du Canada soient appliquées pour le plus grand bien de tous les Canadiens.

**L'Académie canadienne des sciences de la santé (ACSS)** reconnaît les personnes qui ont à leur actif de grandes réalisations dans le domaine des sciences de la santé au Canada. Fondée en 2004, l'ACSS compte quelque 400 membres et en élit de nouveaux chaque année. L'organisation est dirigée par un conseil d'administration et un comité exécutif bénévoles. La première fonction de l'ACSS consiste à fournir en temps opportun des évaluations éclairées et impartiales sur des questions urgentes qui touchent la santé des Canadiens et des Canadiennes. L'ACSS surveille également les événements mondiaux reliés à la santé, afin d'améliorer l'état de préparation du Canada en la matière, et assure une représentation du pays en sciences de la santé sur le plan international. L'ACSS fait autorité au nom de la collectivité multidisciplinaire des sciences de la santé.

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

**@scienceadvice**

## **Le comité d'experts sur les éoliennes, le bruit et la santé humaine**

**Tee L. Guidotti (président)**, titulaire de la Chaire de chercheur invité de Fulbright, Institut de recherche sur la science, la société et la politique publique, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

**Hugh W. Davies**, professeur agrégé, santé du travail et de l'environnement, École de santé des populations et de santé publique, Université de la Colombie-Britannique (Vancouver, C.-B.)

**Yves Gagnon**, professeur, génie, Université de Moncton (Edmundston, N.-B.); professeur auxiliaire, génie mécanique, École de technologie supérieure (Montréal, Qc)

**Christian Giguère**, professeur, Audiologie et pathologie de la parole, École des sciences de la réadaptation, Université d'Ottawa (Ottawa, Ont.)

**Sheryl Grace**, professeure agrégée, Département de génie aérospatial et mécanique, Université de Boston (Boston, MA)

**Robert Harrison**, vice-président de recherche et professeur, Département d'otorhinolaryngologie, chirurgie de la tête et du cou; professeur, Département de physiologie, Institut des biomatériaux et de génie biomédical, Université de Toronto; scientifique principal, Programme de neurosciences et de santé mentale, Hospital for Sick Children (Toronto, Ont.)

**Brian Howe**, président, HGC Engineering (Toronto, Ont.)

**David A. Johnson**, professeur, Département de génie mécanique et mécatronique, Université de Waterloo (Waterloo, Ont.)

**Kerstin Persson Waye**, professeure, Médecine du travail et de l'environnement, Université de Göteborg, (Göteborg, Suède)

**Jennifer D. Roberts**, professeure adjointe, Sciences de la santé du travail et de l'environnement, École de médecine F. Edward Hébert, Département de médecine préventive et de biométrie (Division des sciences de la santé du travail et de l'environnement), Uniformed Services University of the Health Sciences (Bethesda, MD)

## Message du président

Les éoliennes sont un ajout relativement récent au paysage et au panier énergétique canadiens. Bien que l'énergie éolienne sous forme de moulins à vent soit une réalité commune sur les fermes et dans les Prairies, l'exploitation d'éoliennes à l'échelle commerciale est un phénomène moderne. Leur expansion récente en taille et en nombre a soulevé des questions quant à leurs effets potentiels sur la santé des résidents à proximité.

En réponse aux préoccupations du public, le gouvernement du Canada, par l'entremise du ministre de la Santé, a demandé au Conseil des académies canadiennes de déterminer s'il existe des preuves d'un lien causal entre l'exposition au bruit des éoliennes et des effets sur la santé.

Ce rapport présente l'expertise et les contributions d'un comité de 10 experts du Canada et de l'étranger, provenant de domaines aussi divers que l'ingénierie et la science médicale, dont moi-même à titre de président. Je suis extrêmement reconnaissant envers mes collègues du comité d'experts qui n'ont pas ménagé leur temps et leurs efforts pour assurer la qualité et la profondeur de ce rapport. Je tiens aussi à exprimer ma gratitude aux neuf examinateurs qui ont assisté le comité d'experts et dont les efforts ont considérablement amélioré la version antérieure du rapport.

Avant la création du comité d'experts, Santé Canada avait entrepris, en 2012, une vaste étude épidémiologique transversale pour mesurer les effets potentiels sur la santé de l'exposition au son des éoliennes dans les régions du pays où l'énergie éolienne est utilisée. Les résultats préliminaires de cette étude sont devenus disponibles au moment où le comité concluait ses délibérations et mettait la dernière main au présent rapport (novembre 2014). Bien que les



résultats de l'étude n'aient pas été inclus dans l'ensemble de la preuve évaluée par le comité, ils sont résumés et commentés brièvement dans un encadré du rapport. Je tiens à assurer les lecteurs que Santé Canada n'a ni participé ni eu accès aux délibérations du comité d'experts, ni n'a pris connaissance des ébauches du présent rapport avant sa publication.

Enfin, le comité d'experts est reconnaissant de l'appui qu'il a reçu des membres du personnel du Conseil des académies canadiennes affectés à cette évaluation. Ils forment une équipe dévouée et compétente d'universitaires et de professionnels, et ce fut un honneur et un plaisir pour moi de travailler avec eux.

Je tiens à témoigner mon appréciation personnelle aux membres du comité d'experts pour leur collaboration, ainsi que la rigueur, la patience et le dévouement dont ils ont fait preuve dans leur travail.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tee L. Guidotti'.

**Tee L. Guidotti**

Président, comité d'experts sur les éoliennes, le bruit et la santé humaine

## **Personnel responsable du projet au Conseil des académies canadiennes**

Équipe de l'évaluation : Emmanuel Mongin, directeur adjoint de programmes  
Stefan Jungcurt, associé de recherche  
Jonathan Whiteley, associé de recherche  
Tess Lin, coordonnatrice de programmes  
Weronika Zych, coordonnatrice de programmes  
Naomi Shuman, stagiaire

Avec la participation de : Leela Steiner, consultante  
Carolyn Brown, révision de l'anglais  
Jody Cooper, révision de l'anglais  
Accurate Design & Communication Inc.,  
conception graphique

## Examen du rapport

Ce rapport a été examiné, à l'état d'ébauche, par les personnes mentionnées ci-dessous. Celles-ci ont été choisies par le Conseil des académies canadiennes pour refléter une diversité de points de vue, de domaines de spécialisation et d'origines, dans les secteurs des établissements universitaires, de l'entreprise privée, des politiques et des organisations non gouvernementales.

Ces examinateurs ont évalué l'objectivité et la qualité du rapport. Leurs avis — qui demeureront confidentiels — ont été pleinement pris en considération par le comité d'experts, et un grand nombre de leurs suggestions ont été incorporées dans le rapport. Nous n'avons pas demandé à ces personnes d'approuver les conclusions du rapport, et elles n'ont pas vu la version définitive du rapport avant sa publication. Le comité d'experts qui a effectué l'évaluation et le Conseil des académies canadiennes assument l'entière responsabilité du contenu définitif de ce rapport.

Le CAC tient à remercier les personnes suivantes d'avoir bien voulu examiner le rapport :

**Prudence Allen**, directrice et professeure agrégée, National Centre for Audiology, Université Western (London, Ont.)

**François Benoit**, responsable scientifique et administratif, Centre de collaboration nationale sur les politiques publiques et la santé, Institut national de santé publique du Québec (Montréal, Qc)

**Arline L. Bronzaft**, consultante et professeure émérite, Université de New York (New York, NY)

**Jeffrey M. Ellenbogen**, professeur adjoint de neurologie, Université Johns Hopkins (Baltimore, MD)

**Wendy Heiger-Bernays**, professeure agrégée de santé environnementale, École de santé publique, Université de Boston (Boston, MA)

**Stefan Oerlemans**, expert principal en aéroacoustique, Siemens Wind Power (Brandebourg, Danemark)

**Stéphane Perron**, médecin et professeur-clinicien adjoint, Département de santé publique de Montréal, Université de Montréal et Université McGill (Montréal, Qc)

**Bo Søndergaard**, consultant principal, Département d'acoustique, Grontmij (Aarhus, Danemark)

**Jian Wang**, professeur titulaire, École des troubles de communication humaine, Université Dalhousie (Halifax, N.-É.)

La procédure d'examen du rapport a été supervisée, au nom du conseil des gouverneurs et du comité consultatif scientifique du CAC, par **Susan A. McDaniel, MSRC**, directrice de l'Institut Prentice; titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur la population mondiale et le cours de la vie; titulaire de la chaire de recherche Prentice en démographie et économie mondiales; professeure de sociologie, Université de Lethbridge (Lethbridge, Alb.). Son rôle était de veiller à ce que le comité d'experts prenne en considération de façon entière et équitable les avis des examinateurs. Le conseil des gouverneurs du CAC n'autorise la publication du rapport d'un comité d'experts qu'une fois que la personne chargée de superviser l'examen du rapport confirme que le rapport satisfait bien aux exigences du CAC. Le CAC remercie Mme McDaniel d'avoir supervisé consciencieusement l'examen du rapport.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Janet W. Bax". The signature is stylized and written on a light-colored background.

**Janet W. Bax**, Présidente par intérim,  
Conseil des académies canadiennes

## Sommaire

La demande d'énergie renouvelable, y compris l'énergie éolienne, devrait continuer à croître, tant au Canada qu'à l'échelle mondiale, dans un avenir prévisible. Le secteur canadien de l'énergie éolienne s'est développé à un rythme de plus en plus rapide depuis les années 1990, et le Canada est aujourd'hui le cinquième plus grand marché mondial pour ce qui est de l'installation de nouvelles éoliennes. Alors que se poursuit la croissance de ce secteur, les éoliennes installées deviennent de plus en plus puissantes. Les premières turbines à l'échelle du mégawatt ont été installées au Canada en 2004 et les modèles de 3 mégawatts sont arrivés en 2008; de plus grands modèles, allant jusqu'à 7,5 mégawatts, sont actuellement à l'essai à l'échelle internationale. Pour produire cette puissance, les turbines ont également progressé en taille. Comme les éoliennes deviennent une caractéristique plus répandue dans le paysage canadien, cette nouvelle source de son ambiant a soulevé des préoccupations quant aux effets potentiels sur la santé des résidents établis à proximité.

Il est donc important de déterminer si l'énergie éolienne provoque des effets néfastes sur la santé des gens afin que tous les Canadiens puissent partager équitablement des avantages de cette technologie.

### LE MANDAT CONFÉ À LA COMITÉ D'EXPERTS

En réponse à la préoccupation croissante du public concernant les effets potentiels sur la santé du bruit des éoliennes, le gouvernement du Canada, par l'entremise du ministre de la Santé (le commanditaire), a demandé au Conseil des académies canadiennes (CAC) d'effectuer une évaluation de la question suivante :

*Avons-nous des preuves reliant l'exposition au bruit des éoliennes à des effets néfastes sur la santé?*

Le mandat comprend également les sous-questions suivantes :

- *Quelles lacunes doit-on combler dans les connaissances scientifiques et technologiques afin de permettre une évaluation complète des incidences possibles sur la santé du bruit produit par les éoliennes?*
- *Le risque potentiel pour la santé humaine est-il suffisamment plausible pour justifier d'autres recherches sur l'association entre l'exposition au bruit des éoliennes et des effets néfastes sur la santé?*
- *Comment le Canada se compare-t-il internationalement quant à la prévalence et à la nature des effets néfastes sur la santé des populations vivant à proximité d'installations éoliennes commerciales?*

- *Quelles technologies ou pratiques exemplaires utilisées dans d'autres pays pourraient être envisagées au Canada afin de diminuer les réactions négatives de la population au bruit des éoliennes?*

Le comité d'experts a défini la *santé* d'une manière compatible avec la notion de la santé employée par l'Organisation mondiale de la Santé, soit « un état de bien-être physique, mental et social, et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (OMS, 1946). Le comité d'experts a interprété le *bruit* en y incluant à la fois des mesures objectives des signaux acoustiques dans l'environnement (le *son*) et les perceptions subjectives de sensations sonores non désirées par l'auditeur (le *bruit*). Comme il y a une variété d'éoliennes installées dans le monde ayant différentes caractéristiques sonores, le comité a porté son attention spécifiquement sur le type qui représente la quasi-totalité des turbines installées au Canada : les éoliennes modernes, tripales, montées sur une tour, à échelle utilitaire (capacité de 500 kilowatts ou plus), faisant face au vent, à axe horizontal et installées à terre.

## L'APPROCHE DU COMITÉ D'EXPERTS

Pour s'acquitter de son mandat, le comité d'experts a employé une approche fondée sur des données probantes afin de recenser et d'examiner les recherches pertinentes. Dans un premier temps, le comité d'experts a identifié plus de 30 symptômes et effets sur la santé attribués à l'exposition au bruit des éoliennes, au terme d'une vaste revue des écrits soumis à l'évaluation des pairs et de la littérature grise, des pages Web et des décisions judiciaires sur la question.

Des données empiriques liées à tout lien entre ces effets sur la santé et l'exposition au bruit des éoliennes ont ensuite été recueillies à plusieurs sources, notamment des articles parus dans des revues soumises à l'évaluation des pairs, des documents de conférence et la littérature grise. Plus de 300 publications sont ressorties de cette recherche exhaustive et elles ont été ramenées à 38 études pertinentes traitant des effets sur la santé du bruit des éoliennes. L'ensemble de la preuve pour chaque effet sur la santé a été étudié et évalué selon les lignes directrices de Bradford Hill pour la causalité, et résumé en employant les termes standards adoptés par le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC). Les principales étapes de l'approche du comité d'experts sont illustrées à la figure 1.

## PRINCIPALES CONCLUSIONS

En se fondant sur son expertise et l'évaluation qu'il a faite de la recherche empirique, le comité d'experts a tiré des conclusions dans les domaines suivants :

- Les caractéristiques acoustiques du bruit des éoliennes;
- la preuve de liens de causalité entre l'exposition au bruit des éoliennes et les effets néfastes sur la santé;

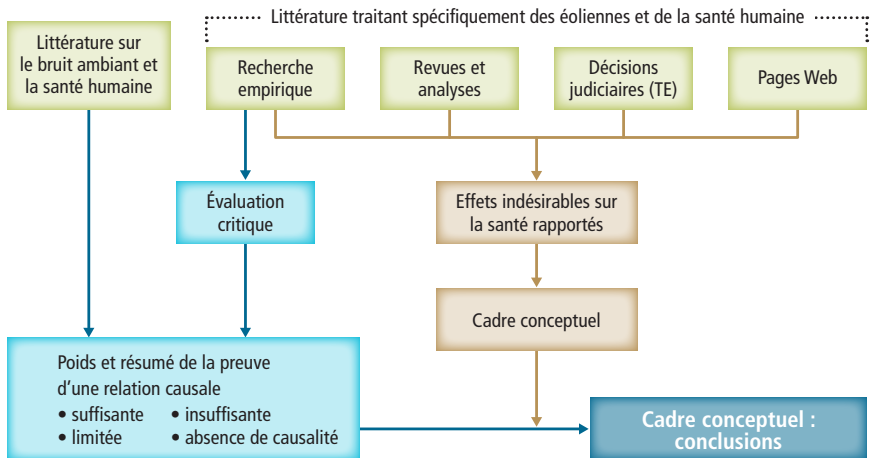


Figure 1

### Processus d'évaluation de l'information disponible

Les lignes brunes montrent l'information utilisée dans la définition des effets potentiels sur la santé et la construction d'un modèle des mécanismes pathogènes; les lignes bleues plus épaisses montrent le processus d'examen de la littérature pertinente aux liens de causalité entre le bruit des éoliennes et chaque effet potentiel sur la santé.

- le manque de connaissances et de recherches plus poussées;
- les pratiques prometteuses pour atténuer la réaction défavorable de la collectivité.

D'autres aspects du mandat, tels que la prévalence des effets néfastes sur la santé au Canada, sont demeurés sans réponse en raison d'un manque de données.

## CARACTÉRISTIQUES ACOUSTIQUES DU BRUIT DES ÉOLIENNES

### 1. Le son émis par les éoliennes est complexe et variable.

Comme le son provenant de n'importe quelle source, le bruit des éoliennes peut être décrit par des composantes de fréquence (qui en déterminent la hauteur tonale), les niveaux de pression acoustique (qui en déterminent l'intensité), et la façon dont ces deux caractéristiques changent avec le temps. Le son émis par les éoliennes est hautement complexe et variable, mais il possède certaines caractéristiques qui sont similaires à d'autres sources de bruit ambiant, tels que la circulation routière et aéroportuaire :

- Le son émis par les éoliennes est *à large bande*, constitué de sons émis sur une large plage de fréquences.

- Les niveaux globaux de pression acoustique à l'extérieur varient considérablement en fonction de la distance, de la vitesse du vent et la transmission de la source au récepteur.
- Cependant, les fréquences plus élevées ont tendance à être réduites à l'intérieur et avec l'éloignement, conduisant à une plus grande prévalence des basses fréquences.
- Ce son est modulé en amplitude, les niveaux sonores changeant au fil du temps.

Les éoliennes émettent également un son ayant les caractéristiques suivantes, qui sont moins communes que pour les autres sources de bruit dans la collectivité :

- Les sons provenant des éoliennes peuvent descendre jusque dans la gamme infrasonore et, dans certains cas, présenter des pointes ou des composantes tonales à basses fréquences.
- Les émissions sonores d'une éolienne augmentent avec la vitesse du vent à la hauteur des pales, jusqu'à la *vitesse cotée du vent* de la turbine (la vitesse à laquelle celle-ci génère la puissance maximale), au-dessus de laquelle le son n'augmente pas.
- Le son émis par les éoliennes peut présenter une *modulation d'amplitude* périodique, souvent décrite comme un « sifflement » ou un son « sourd ». Les causes et les conséquences de cette modulation d'amplitude périodique font actuellement l'objet de recherches; les concepteurs et les fabricants de turbines éoliennes cherchent par ailleurs des moyens de la réduire ou de l'atténuer.

La plus grande partie du son émis par une éolienne résulte des interactions de la surface de la pale et de l'air qui s'y écoule (processus aérodynamiques), qui est le plus fort près — mais pas aux — extrémités des pales. Le bruit mécanique des mouvements physiques de la boîte de vitesses, de la génératrice et d'autres composantes produit des tonalités de basse fréquence dans certains cas.

## **2. Les méthodes standard de mesure du son peuvent ne pas capter le son à basse fréquence et la modulation d'amplitude caractéristiques du bruit d'une éolienne.**

La mesure du son aux fins de la surveillance de la santé et de la recherche fait appel à des méthodes standard. Les méthodes les plus couramment employées sont la pondération en gamme A, qui donne plus d'importance aux fréquences correspondant au registre de sensibilité de l'oreille humaine, et moins d'importance aux fréquences basses et très élevées. Bien que la mesure pondérée en gamme A soit une méthode essentielle, elle peut ne pas capter les composantes de basse fréquence du son des éoliennes. En outre, la mesure



correspond souvent à une moyenne temporelle ( $L_{eq}$ ) qui ne rend pas compte des changements dans le niveau de pression acoustique se produisant sur de courts intervalles (par exemple, en moins d'une seconde). Il se peut donc que la mesure temporelle moyenne ne saisisse pas la modulation d'amplitude.

Les mesures pondérées en gamme A sont une première étape importante dans la détermination de l'exposition des gens au son audible dans la plupart des cas, mais des mesures plus détaillées peuvent être nécessaires pour permettre aux chercheurs d'étudier de manière approfondie les effets potentiels sur la santé de sources spécifiques de bruit provenant des éoliennes. Toutefois, les mesures de l'exposition sonore les plus pertinentes en ce qui a trait aux effets potentiels sur la santé ne sont pas complètement comprises et demeurent un important domaine de recherche pour l'avenir.

## **LE BRUIT DES ÉOLIENNES ET LES EFFETS NÉFASTES SUR LA SANTÉ**

Les données empiriques pertinentes ont été examinées et pondérées afin de déterminer la robustesse de la preuve d'un lien de causalité entre le bruit des éoliennes et chacun des effets néfastes potentiels sur la santé.

### **3. La preuve est suffisante pour établir une relation causale entre l'exposition au bruit des éoliennes et un *dérangement*.**

La preuve démontre systématiquement une relation positive entre le niveau de bruit des éoliennes en plein air et la proportion des personnes qui déclarent des niveaux élevés de dérangement. Cependant, de nombreux facteurs peuvent agir sur la force de ce lien, tels que les attitudes d'une personne envers les éoliennes et tout avantage économique qu'elle retire de celles-ci. En outre, les effets visuels et sonores des éoliennes sont difficiles à départager. L'état actuel des données ne permet pas de tirer de conclusion définitive sur la possibilité que le dérangement soit causé seulement par l'exposition au bruit des éoliennes, ou si des facteurs tels que l'impact visuel et les attitudes personnelles influent sur le rapport bruit-dérangement — et dans quelle mesure — puisque les études réalisées à ce jour ne mesurent pas ces facteurs indépendamment les uns des autres. Il est également difficile de dire quelles caractéristiques sonores contribuent au dérangement chronique à long terme, quoique les composantes à basse fréquence et la modulation d'amplitude périodique aient été étudiées comme facteurs probables.

#### **4. Il y a des données limitées pour établir une relation causale entre l'exposition au bruit des éoliennes et la perturbation du sommeil.**

Les données disponibles laissent penser qu'il pourrait y avoir un lien de causalité direct ou indirect (par le biais du dérangement) entre l'exposition au bruit des éoliennes et la perturbation du sommeil. Bien que la perturbation du sommeil ait été examinée dans plusieurs études, la base de données qui en découle est plus limitée que celle qui a servi à examiner la relation entre le bruit des éoliennes et le dérangement.

#### **5. Les données semblent indiquer qu'il n'y a pas de lien de causalité entre l'exposition au bruit des éoliennes et la perte auditive.**

Il existe des données convaincantes établissant que l'exposition au bruit des éoliennes à des niveaux correspondant à la réglementation sur les limites de bruit et l'éloignement (distance des structures) ne provoque pas de perte d'audition, même pour une exposition sur une durée de vie entière.

#### **6. Le comité d'experts a relevé des preuves insuffisantes d'un lien direct de causalité entre l'exposition au bruit des éoliennes et le stress, bien que le stress ait été relié à d'autres sources de bruit dans la collectivité.**

Les données disponibles indiquent qu'un mécanisme direct ou indirect entre l'exposition au bruit des éoliennes et le stress pourrait exister, semblable à celui observé pour les troubles du sommeil, mais la preuve manque de robustesse méthodologique et statistique. Le *stress* a été identifié comme facteur de risque pour un certain nombre d'autres maladies, comme les maladies cardiovasculaires, dans le contexte de l'exposition à long terme au son ambiant provenant d'autres sources, telles que la circulation routière, ferroviaire et aérienne. Les données actuelles sur l'exposition au bruit des éoliennes et le stress ne sont toutefois pas cohérentes.

#### **7. Pour tous les autres effets sur la santé examinés (fatigue, acouphène, vertige, nausée, étourdissement, maladie cardiovasculaire, diabète, etc.), la preuve est insuffisante pour parvenir à une conclusion sur la présence ou l'absence d'un lien de causalité avec l'exposition au bruit des éoliennes.**

L'hypertension et d'autres maladies cardiovasculaires, le diabète, l'acouphène, la performance cognitive ou exécutive, la santé psychologique et la qualité de vie liée à la santé ont tous fait l'objet d'études de population empiriques axées sur le bruit des éoliennes. Cependant, les données ne sont pas cohérentes ou les études comportent des limites méthodologiques qui empêchent d'établir un lien de causalité entre ces effets et l'exposition au bruit des éoliennes.

Aucun des autres effets sur la santé considérés n'a fait l'objet d'études ou d'expériences au niveau de la population dans l'optique du bruit des éoliennes. Par conséquent, les données sur un éventuel lien de causalité sont largement absentes pour ce qui est de ces autres effets.

Les conclusions sur les liens de causalité font donc défaut pour la plupart des effets sur la santé postulés dans une grande variété de sources examinées par le comité d'experts, principalement en raison du manque de données probantes ou de problèmes de qualité des données. Cependant, la recherche sur le bruit ambiant a montré que le dérangement peut être un facteur contributif ou un précurseur des effets néfastes sur la santé, comme les troubles du sommeil, le stress et les maladies cardiovasculaires. Ainsi, le comité a élaboré un cadre conceptuel des voies par lesquelles le son provenant des éoliennes pourrait avoir des effets plausibles sur la santé. La figure 2 illustre ce cadre et résume les constatations du comité d'experts sur les voies causales possibles entre l'exposition au bruit des éoliennes et l'apparition d'effets néfastes sur la santé ou l'aggravation de l'état de santé existant.

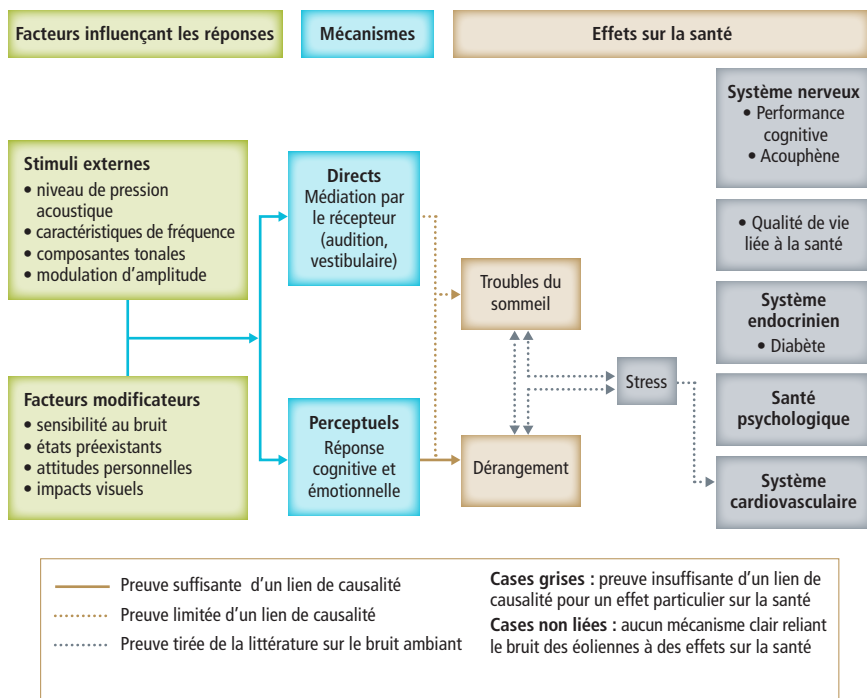


Figure 2

Résumé de l'information pertinente aux voies de causalité entre l'exposition au bruit des éoliennes et les effets indésirables sur la santé

## **LACUNES DANS LES CONNAISSANCES ET RECHERCHES PLUS POUSSÉES**

### **8. Les lacunes dans les connaissances empêchent de faire une évaluation complète des effets sur la santé publique du bruit des éoliennes.**

Le comité d'experts a cerné des lacunes particulières dans les connaissances pour chaque état de santé étudié, où des types de données spécifiques aideraient à préciser la force des liens, à réduire au minimum les biais, ou à écarter les facteurs de confusion possibles sur l'exposition au bruit des éoliennes. À titre d'exemple, il est difficile de savoir si la voie qui pourrait conduire à des troubles du sommeil ou de stress est la conséquence directe de l'exposition au bruit des éoliennes ou du dérangement en tant que facteur de médiation.

La plupart des études épidémiologiques existantes sur le bruit des éoliennes n'ont pas une robustesse suffisante pour détecter de petits changements dans les risques d'effets néfastes sur la santé, ou ont été conçues d'une manière qui ne pouvait pas exclure la présence d'un biais dans les réponses ou neutraliser adéquatement les facteurs de confusion. Le comité d'experts a également relevé l'absence d'études longitudinales. Le comité attire l'attention sur le manque de recherches sur les populations sensibles, comme les enfants et les nourrissons et les personnes atteintes de troubles cliniques qui peuvent accroître la sensibilité au son.

L'utilisation de méthodes et de procédures adéquates de mesure et de modélisation de l'exposition au son des éoliennes, en particulier à l'intérieur, permettrait d'améliorer la qualité des études futures consacrées aux effets néfastes sur la santé (voir la principale conclusion 2).

### **9. La recherche sur l'exposition à long terme au bruit des éoliennes permettrait de mieux comprendre les liens de causalité entre l'exposition au bruit des éoliennes et certains effets néfastes sur la santé.**

Le dérangement chronique et les troubles du sommeil ont été liés à des réactions de stress dans les études sur l'exposition à long terme à d'autres sources de bruit, comme la circulation aérienne et routière. En outre, ces effets sur la santé sont eux-mêmes des facteurs de risque pour d'autres maladies, comme les maladies cardiovasculaires, qui ont déjà été associés à l'exposition à long terme à d'autres sources de bruit environnant. Compte tenu du fardeau des maladies cardiovasculaires sur la société et le système de soins de santé au Canada, de nouvelles recherches sur les effets à long terme de l'exposition au bruit des éoliennes, notamment sur le stress et les troubles du sommeil, produiraient davantage de données pour évaluer les effets sur la santé du bruit des éoliennes. Enfin, le comité souligne que les données disponibles ne

permettent pas de tirer de conclusions sur la prévalence du dérangement ou d'autres effets sur la santé au sein de la population exposée au son des éoliennes au Canada. Des recherches et une surveillance plus poussées permettront de mieux comprendre cette prévalence, chez les personnes exposées au bruit des éoliennes et dans la population en général.

## **PRATIQUES ET TECHNOLOGIES PROMETTEUSES POUR ATTÉNUER LA RÉACTION DÉFAVORABLE DE LA COLLECTIVITÉ AU BRUIT DES ÉOLIENNES**

### **10. À court terme, le développement technologique ne résoudra probablement pas les enjeux actuels liés aux effets néfastes perçus sur la santé du bruit des éoliennes.**

Les fabricants d'éoliennes étudient à l'heure actuelle des modèles, des modifications et des technologies qui pourraient permettre de réduire les émissions sonores de ces appareils. Les développements technologiques constants ont contribué à réduire les émissions sonores pour des éoliennes de taille donnée par rapport à la génération précédente, et d'autres améliorations sont attendues. D'autres facteurs tels que la puissance de sortie favorisent cependant les éoliennes de plus grande taille, ce qui pourrait annuler en partie les réductions globales des émissions sonores par kilowatt d'électricité produite.

### **11. Les études d'impact et l'engagement communautaire fournissent aux collectivités de plus grandes connaissances et un meilleur contrôle sur les projets d'énergie éolienne et permettent de limiter le dérangement.**

L'équité et la justice ont été des aspects essentiels de l'acceptation des éoliennes dans de nombreuses collectivités, et la perte perçue de justice sociale et la marginalisation constituent des obstacles importants à l'acceptation dans certains cas. Une importante approche réglementaire est de procéder à une évaluation de l'impact du bruit de tout projet; plusieurs provinces canadiennes et d'autres pays exigent une telle évaluation. Dans certaines des pratiques internationales examinées par le comité d'experts, les promoteurs de projets d'éoliennes ont engagé des consultations et communiqué avec les autorités locales et les résidents à un stade précoce du projet, durant toutes les étapes de la mise en œuvre, et même une fois l'installation terminée. L'engagement communautaire permet d'informer et d'éduquer les résidents de la localité et de les impliquer dans le projet d'énergie éolienne de manière à favoriser l'acceptation sociale.

Les éoliennes sont progressivement devenues un spectacle familier au Canada et elles fournissent une part croissante de l'électricité consommée au Canada. Les inquiétudes au sujet des effets du bruit des éoliennes sur la santé ont été exprimées de bien des façons, mais rarement avec des données détaillées, reproductibles et rigoureuses suffisantes pour soutenir une conclusion sur la causalité ou l'ampleur de tout effet potentiel sur la santé. Le rapport final du comité d'experts tente de faire un examen objectif et rigoureux de la recherche empirique sur le lien de causalité entre le bruit des éoliennes et les effets néfastes sur la santé, ainsi que des solutions possibles aux problèmes liés au bruit envisagées ailleurs et qui pourraient aider à répondre aux préoccupations entourant le bruit des éoliennes au Canada. Le rapport est destiné non seulement à servir d'outil pour éclairer la prise de décision et la recherche universitaire sur cette question, mais aussi la poursuite du dialogue au pays et à l'étranger, et dans de nombreux secteurs, sur le bruit des éoliennes et les effets indésirables sur la santé humaine.