

Projets de parcs éoliens Saint-Paul-de-Montminy et de la Forêt Domaniale dans la MRC de Montmagny

Santé et éoliennes: Recension des connaissances

Document préparé par:

Martina Bastian

La Visitation-de-Yamaska, 3 juillet 2025

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	4
1.1 Contexte : les besoins du milieu.....	4
1.2 Objectif: cueillette et présentation de la littérature scientifique.....	11
2. Définitions, spécification et abréviations.....	12
2.1 Abréviations.....	12
2.2 Principe de précaution.....	12
2.3 Santé.....	12
2.4 Nuisance.....	13
2.5 Bruit environnemental.....	13
2.6 Bruit des éoliennes.....	13
3. Infrasons et bruits de basses fréquences.....	14
4. La modulation d'amplitude: caractéristiques et propagation.....	22
4.1 Caractéristiques des émissions sonores.....	22
4.2 Propagation des émissions sonores et distances séparatrices.....	29
Quelle distance séparatrice serait adéquate?.....	30
5. Caractéristiques des éoliennes actuelles.....	31
5.1 Vers des éoliennes de plus en plus hautes et plus puissantes.....	31
5.2 Comment sont générés les infrasons et comment fait-on pour les réduire?.....	33
5.3 L'impact du bruit d'un parc éolien selon le niveau de bruit initial du milieu: l'émergence.....	35
6. Impacts sur la santé humaine.....	39
6.1 Au Québec.....	42
6.2 Au Canada.....	45
6.3. Ailleurs dans le monde - Ce que les experts en disent:.....	51
7. Les normes et l'encadrement de l'industrie éolienne en vigueur au Québec: Lacunes et nécessité de mise à jour selon les données récentes.....	70
7.1 Généralités.....	70
7.2 Au Québec.....	70
7.3 Les lacunes.....	75
8. L'eau potable et les parcs éoliens.....	82
8.1 Impacts potentiels des parcs éoliens sur les eaux souterraines.....	82
8.2 L'eau, PFAS et Bisphénol A.....	91
9. Effets indésirables sur la santé des animaux :.....	93
10. Conclusion.....	97

11. Annexes..... 102
11.1 Annexe A..... 102
11.2 Annexe B..... 103
11.3 Annexe C 104
11.4 Annexe D 105
11.5 Annexe E..... 105
11.6 Annexe F 105
11.7 Annexe G 105
11.8 Annexe H 105
11.9 Annexe I 105
11.10 Annexes 1, 2, 3, 4 et 5..... 106
12. Sources 106

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE : LES BESOINS DU MILIEU

De plus en plus de responsabilités reposent sur les municipalités et leur population: les municipalités ont acquis ou se sont vu octroyer de nouvelles compétences et obligations sans être financées adéquatement par les autres paliers gouvernementaux^{1,2,3}. Afin d'y répondre, un soutien pour les besoins des municipalités et la population sera nécessaire à travers une renégociation des pactes municipaux.

Dans le passé, pour éviter la dévitalisation des régions, le répertoire des ressources pertinentes aux démarches de revitalisation misait sur l'attractivité d'un milieu de vie. Dans le document du gouvernement du Québec Des ressources pour votre population (2010), on spécifie⁴:

« Le renouvellement de la population des communautés rurales est souvent considéré à raison comme le "nerf de la guerre" dans la revitalisation des milieux. Aucune solution miracle n'existe, la réussite démographique relevant plutôt d'une combinaison de facteurs liés à la capacité d'offrir des perspectives de développement et un milieu de vie attrayant, ainsi qu'à la possibilité de joindre des résidents potentiels par des stratégies de communication. »

Parmi les solutions offertes contre la dévitalisation actuellement, on propose la multiplication des projets éoliens rapidement, avec l'argument de décarbonation, en négligeant l'ensemble des aspects impactés par ce développement: l'attractivité d'une région et de son rajeunissement, la sécurité alimentaire, la protection de nos ressources en eau, la protection de l'environnement et de la biodiversité. Cependant, dans une perspective de décarbonation, de lutte contre les changements climatiques et de protection de l'environnement, il faut reconnaître que tout ne sera peut-être pas résolu par l'implantation de projets éoliens en milieu habité et agricole. La multiplication rapide de projets de parcs éoliens à travers le Québec dans sa forme actuelle ne respecte pas la majorité des 16 principes du développement durable. N.B. En 2024, l'ancien ministre responsable du secteur de l'innovation et de l'énergie, Pierre Fitzgibbon, avait d'ailleurs souligné le fait qu'on n'arrivera pas à la carboneutralité sans inclure l'énergie nucléaire⁵.

¹ [Pas assez d'argent pour les municipalités?](#) Jean-François Cliche, Le Soleil, 31 mai 2025

² [Adaptation des infrastructures municipales québécoises aux impacts chroniques des changements climatiques – Détails des besoins en financement à l'horizon 2035](#), UMQ, 19 avril 2023

³ [Adaptation des infrastructures municipales québécoises aux impacts chroniques des changements climatiques](#), WSP, pdf, 31 mars 2023

⁴ [Répertoire des ressources - Gouvernement du Québec, Dépôt légal – Mai 2010, Bibliothèque et Archives nationales du Québec](#), ISBN 978-2-921318-60-0

⁵ [Pas de carboneutralité en 2050 sans le nucléaire, plaide Pierre Fitzgibbon | JDQ](#), 31 janvier 2024

Cependant, elle est controversée au Québec, mais c'est une tendance qui s'observe actuellement dans d'autres provinces canadiennes⁶.

Malgré qu'on avance les principes du développement durable dans l'information sur les projets éoliens Forêt Domaniale/St.Paul-de-Montminy, de nombreux aspects restent questionnables. :

« *Respect des principes de développement durable*

Le développement du parc éolien de la Forêt Domaniale s'intègre dans une démarche durable qui répond simultanément aux objectifs de : ◦ maintenir l'intégrité de l'environnement, pour assurer la santé et la sécurité des communautés humaines et préserver les écosystèmes qui entretiennent la vie; ◦ assurer l'équité sociale, pour permettre le plein épanouissement de toutes les femmes et de tous les hommes, l'essor des communautés et le respect de la diversité; ◦ viser l'efficience économique, pour créer une économie innovante et prospère, écologiquement et socialement responsable. L'optimisation du projet s'insère d'ailleurs parfaitement dans le contexte de l'intégration de ces principes, plus particulièrement en matière de : qualité de vie et efficacité économique (déplacement du poste dans une zone forestière non habitée et option de raccordement pour harmoniser deux projets); protection de l'environnement et de la biodiversité (réduction des superficies requises et de l'empiétement en milieux humides) »

Cependant, pour ces 2 projets, le déboisement prévu pour le mois d'octobre 2025, est de près de 400 ha de forêts. La capacité de captation de carbone, de protection de l'équilibre hydrogéologique et contre l'érosion, ainsi le risque de pollution des ressources d'eau souterraines et du sol des forêts ne semble pas comptabilisé actuellement pour l'ensemble du Québec dans l'adaptation aux changements climatiques. Ces impacts pourraient s'avérer coûteux au niveau environnemental et financier dans le futur⁷.

⁶ [Canada's Small Modular Reactor Action Plan - Natural Resources Canada.](#)

⁷ [PR5.2 Réponses aux questions et commentaires du 21 mars 2024 - Partie 1](#) : Document principal, p.22

Est-ce qu'on nous a tout dit ?

À la lumière des études récentes, on remarque que les informations fournies aux élu.e.s et la population par les MRC, les promoteurs et le gouvernement ne reposent pas sur des bases scientifiques actuelles. Elles sont basées sur les technologies anciennes et semblent à minimiser les impacts futurs potentiels sur la qualité de vie des riverains et leur santé^{8,9,10,11,12}. Les normes de limites de bruit utilisées dans la planification par modélisations des projets éoliens servant à déterminer les distances séparatrices entre les éoliennes et les riverains sont insuffisants pour encadrer les technologies nouvelles et elles excluent les facteurs non acoustiques^{13, 14}.

Il est confirmé par de nombreux experts et chercheurs que les comparaisons du bruit particulier des éoliennes avec d'autres sources de bruit constants ne correspondent pas à la réalité¹⁵ des éoliennes de grande taille, ne tiennent pas compte de leurs caractéristiques sonores particulières et de leur propagation. Dans le contexte actuel, il sera difficile de faire un choix éclairé pour la population et les élu.e.s., les éoliennes de cette envergure sont de l'inconnu pour la majorité des citoyens pour le moment. La documentation Ma Municipalité Verte /FQM mentionne « *Cas de Saint-Paul- de-Montminy*

*Le projet éolien de Saint-Paul-de Montminy, mené par Kruger Énergie en partenariat avec l'Alliance de l'énergie de l'Est, prévoit l'installation de 28 éoliennes de 7 MW chacune, le projet totalisant donc 196 MW, avec une mise en service prévue en décembre 2027. Ces éoliennes, dotées de mâts de 118 mètres et de pales d'environ 80 mètres, atteindront une hauteur totale d'environ 200 mètres, ce qui équivaut à un gratte-ciel d'environ 60 étages, lorsque les pales seront en position verticale, avec un diamètre de rotation de 163 mètres. **Ce projet marque une première au Québec avec l'utilisation d'éoliennes de 7 MW, établissant un nouveau standard de puissance unitaire dans la province**¹⁶.*

Les simulations des promoteurs au sujet des impacts visuels sur le paysage pour la population sont pour la plupart montrées sans le mouvement des pales d'éoliennes ou les lumières clignotantes nocturnes et ne pourront malheureusement pas permettre à la population d'évaluer et de visualiser pleinement les

⁸ [Épisode 3 L'éolien - Vert quoi se tourner ? youtube](#)

⁹ [Scientifique en chef du Québec, détecteur de rumeurs 4 mythes sur les éoliennes](#), 2023

¹⁰ [Borex annonce le développement d'un projet éolien au Centre-du-Québec](#), 2022

¹¹ [TES Canada projet Mauricie, Foire aux questions](#)

¹² [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#)(2021)

¹³ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), Nguyen & als, 2022

¹⁴ [The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations - PMC](#)

¹⁵ [Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development](#), Hansen & als, 021

¹⁶ [FQM/MMV_Fiche_technique_ENERGIE_EOLIENNE_FINAL.pdf](#)

impacts visuels réels du futur parc éolien¹⁷. Dans ces circonstances, on peut se questionner sur le principe Accès au Savoir, un des principes du développement durable, ainsi de l'application du Principe de Précaution.

Selon les connaissances scientifiques et les données actuelles de l'industrie, l'augmentation de la taille et puissance ainsi des caractéristiques acoustiques particulières des nouvelles éoliennes, nécessiteraient des distances séparatrices plus grandes^{18,19}. Une autre lacune des normes au Québec actuellement est que les impacts sur la santé par les facteurs non-acoustiques ne sont pas pris en compte dans l'établissement des distances séparatrices²⁰.

La détermination des distances séparatrices et les risques d'impacts éventuels pour la santé de la population sont intimement liés.

Cependant, ces facteurs peuvent limiter les projets des promoteurs et entrer en conflit avec les intérêts des parties prenantes.^{21,22,23,24,25,26}

L'exemple des règlements des schémas d'aménagement et de contrôle intérimaire tel qu'adopté par les différentes MRC témoigne de l'absence de fondements scientifique et d'études sur les impacts des éoliennes de grande taille pour protéger la population et les ressources en eau.

Les normes et limites de bruit servant à déterminer les distances séparatrices adoptées par les différentes MRC réfèrent à la documentation des technologies des éoliennes de 3 MW ou moins, avant 2015. Elles sont insuffisantes pour éoliennes de grande taille planifiées actuellement et ne pourront pas protéger les riverains des impacts éventuels^{27,28,29,30}. Parmi les lacunes des projets éoliens à

¹⁷ [Projet de construction du parc éolien de la Haute-Chaudière dans la MRC du Granit, 2025](#)

¹⁸ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density, Berkeley Lab, Hoen & als 2023](#)

¹⁹ [Les éoliennes sont-elles mauvaises pour la santé? Matthieu Max-Gessler, initiative de journalisme local, Le Nouvelliste 21 mai 2024](#)

²⁰ [The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations - PMC](#)

²¹ [Épisode 3 L'éolien - Vert quoi se tourner ? youtube](#)

²² [Scientifique en chef du Québec, détecteur de rumeurs 4 mythes sur les éoliennes, 2023](#)

²³ [Boralex annonce le développement d'un projet éolien au Centre-du-Québec, 2022](#)

²⁴ [TES Canada projet Mauricie, Foire aux questions](#)

²⁵ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude\(2021\)](#)

²⁶ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations, Nguyen & als, 2022](#)

²⁷ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude, Steven Cooper, 2021](#)

²⁸ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations, Nguyen & als, 2022](#)

²⁹ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines, 2023](#)

³⁰ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Luszczynska als, 2025](#)

travers le Québec, notons également l'absence d'études préalables pour la protection des ressources en eau, leur qualité et quantité : - abrasion des pales / pollution sols et eau par les PFAS³¹.

- impact des microsismicités sur l'équilibre hydrogéologique des ressources en eau souterraine dû au poids et puissance des éoliennes de grande taille³².

-les impacts du déboisement sur la stabilité des sols et la recharge des aquifères³³.

De plus, avec l'adoption des RCI ou schémas d'aménagement et de développement par les différentes MRC, on constate des variations des distances séparatrices hors périmètre urbain de 600m-900m sans que l'on puisse expliquer ce qui justifie de tels écarts dans le cas de MRC ayant des morphologies de territoire semblables.

Cependant, les experts affirment:

« Le seul moyen de diminuer les risques d'impacts sur la santé par les éoliennes industrielles est l'établissement de distances suffisamment grandes^{34,35}. »

Bien que les promoteurs affirment que les éoliennes de grande taille se conforment sans difficulté aux normes du Québec, ne dérangeront pas la quiétude des riverains et ne posent pas de risques sanitaires, les informations fournies démontrent qu'on semble nier les impacts probables mis en lumière par les données scientifiques^{36,37,38,39,40,41}. Cela pourrait mener à un risque de plaintes et poursuites éventuelles et il n'est pas clair qui sera responsable, le cas échéant.

³¹ [Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades](#), Solberg & als, pdf, 2021

³² [The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements](#), Limberger & als, 2023

³³ [HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROPOSED APEX WIND FACILITY PROJECT AREA IN CHOWAN COUNTY, NORTH CAROLINA](#), Pamela C. Dodds, Ph.D., 2016.

³⁴ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand - YouTube](#)

³⁵ <https://pourunchoixclair.ca/2023/12/21/mariana-alves-pereira/>, PCENY entrevue

³⁶ [UMQ/Nergica Énergies renouvelables](#), ressources - fiches techniques sur le secteur éolien

³⁷ [Épisode 3 L'éolien - Vert quoi se tourner ? youtube](#)

³⁸ [TES Canada projet Mauricie. Foire aux questions](#)

³⁹ [Scientifique en chef du Québec, détecteur de rumeurs 4 mythes sur les éoliennes](#), 2023

⁴⁰ [Boralex annonce le développement d'un projet éolien au Centre-du-Québec](#), 2022

⁴¹ [Le développement d'un parc éolien Innergex](#), pdf

Dans la planification des emplacements des éoliennes, le risque d'imprécision des modélisations est élevé étant donné les caractéristiques acoustiques particulières des éoliennes de grande taille ainsi que leurs impacts visuels ^{42,43,44,45}.

En avril 2024, l'institut National de Santé publique a publié une mise à jour : *Éoliennes et santé publique : Mise à jour 2023*. Lors d'une entrevue avec les conseillers scientifiques et co-auteurs du rapport, une mise en garde concernant les distances séparatrices était émise:

« L'Institut National de Santé Publique avise dans son rapport (2023) que l'institut n'est pas en mesure de déterminer une distance séparatrice. Les résultats de l'analyse ne permettent pas d'identifier une distance qui serait sécuritaire entre les éoliennes et les résidences, » indique Emmanuelle Bouchard-Bastien, conseillère scientifique spécialisée à l'INSPQ et co-auteurice du rapport⁴⁶.

« C'est un chiffre magique qui est souhaité par plusieurs instigateurs de projets, dit-elle. On parle plutôt d'une distance qui serait socialement acceptable et qui doit être co-construite avec les différentes parties prenantes du milieu⁴⁷. »

Cependant, on peut se questionner sur les termes « socialement acceptable » (pour qui?) et « co-construire » (comment, et en se basant sur quelles informations?).

On se trouve dans un contexte où les promoteurs et l'industrie dévoilent peu d'informations pertinentes et spécifiques et de données techniques, et ni les élu.e.s et ni la population ne disposent des connaissances, de l'expertise et des outils nécessaires pour faire un choix éclairé pour tous⁴⁸.

Le rapport souligne le manque de connaissances et recommande plus d'études⁴⁹. De plus, il inclut une mise en garde au sujet d'éventuels risques de vulnérabilité pour les ressources en eau potable lors des étapes de construction, d'exploitation et démantèlement des parcs éoliens par un risque de contamination et la perturbation du profil hydrogéologique .

⁴² [Wind Farm Noise Uncertainty: Prediction, Measurement and Compliance Assessment](#), Hansen als, 2022

⁴³ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2018, pdf via PCENY

⁴⁴ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper & Chan, 2020

⁴⁵ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczynska als, 2025

⁴⁶ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023 | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#), pdf, p.116

⁴⁷ [Quels sont les impacts des parcs éoliens sur la santé? | Le Devoir](#), Katerine Desautels, 21 avril 2024

⁴⁸ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#), Hoen als 2023

⁴⁹ [INSPQ Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#), pdf p. 62-72

Plusieurs rapports d'experts de l'industrie et indépendants mettent en lumière la nécessité des mises à jour des réglementations et normes d'encadrement dans le but d'un développement éolien durable^{50,51,52,53,54,55}.

Les multiples aspects et problématiques à considérer en lien avec les projets éoliens en territoire habité et agricole sont constatés dans l'introduction d'une étude publiée dans le *Journal of Cleaner Production*, une revue internationale et transdisciplinaire axée sur la recherche et la pratique en matière de production propre, d'environnement et de développement durable:

« ..., les préoccupations concernant les émissions sonores peuvent avoir un impact sur les développements de parcs éoliens nouveaux et existants. Par exemple, le non-respect des normes d'émissions sonores cumulées a été classé comme la principale raison du démantèlement de 13 % du nombre total d'éoliennes et de 8 % de la capacité totale des éoliennes lors de projets de repowering au Danemark entre 2012 et 2019 (Kitzing et als., 2020). Il s'agissait de la deuxième raison la plus importante du démantèlement des éoliennes, après l'espace physique nécessaire à l'installation de nouvelles éoliennes. Ainsi, la réglementation sur le bruit a un impact considérable sur les projets de repowering. Comme d'autres types de bruit, le bruit des parcs éoliens (WFN) peut être source de gêne, perturber le sommeil et avoir un impact sur la santé et le bien-être (Schmidt et Klokke, 2014)⁵⁶. »

Le conseiller scientifique et co-auteur du rapport de l'INSPQ : éoliennes et santé publique mise à jour 2023, Mathieu Gauthier met en garde dans le même sens lors d'une entrevue:

« La taille joue sur le bruit. L'Institut indique d'ailleurs ne pas être en mesure de déterminer ou de proposer une distance minimale à respecter entre des résidences et une éolienne. On peut toutefois prévoir que plus une éolienne sera grosse, plus on l'entendra de loin.

« Plus elle est grosse, plus le 45 décibels va être atteint un peu plus loin. Ça peut être un enjeu si des municipalités réfléchissent par rapport à des éoliennes de 1 MW d'il y a quelques années alors que maintenant, ce sont des 7 à 10 MW que les promoteurs sont en train d'imaginer. La distance ne sera peut-être pas appropriée », prévient M. Gauthier⁵⁷.

⁵⁰ [WSP, Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), 2023

⁵¹ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper Chan, 2020

⁵² [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczynska als, 2025

⁵³ [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), Hansen als, 2022

⁵⁴ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), pdf version complete voir annexe F

⁵⁵ [Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development](#), Hansen als, 2021

⁵⁶ [Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development](#), Hansen als, 2021 pdf version complete voir annexe G

⁵⁷ [Les éoliennes sont-elles mauvaises pour la santé?](#) Matthieu Max-Gessler, Le Nouvelliste, 21 mai 2024

Compte tenu de l'évolution de la technologie éolienne et dans le but de protéger la population et l'environnement des impacts possibles, une mise à jour des normes d'encadrement au Québec paraît justifiée et urgente avant tout nouveau projet éolien^{58, 59, 60}.

On peut constater **un manque de fondements scientifiques** sur lesquels les MRC se sont basés pour la planification des projets éoliens. Dans ces circonstances, un BAPE générique paraît essentiel avant tout nouveau projet éolien au Québec dans le but d'un développement durable .

Une transition énergétique ne doit pas se faire en accéléré, mais en tenant compte des principes du développement durable.

Sinon les risques pourraient fort dépasser les bénéfices anticipés.

Déjà en 2011, un communiqué par 40 médecins du Centre-du-Québec (voir [Annexe C](#)) mettait en garde au sujet des éoliennes en territoire habité dû aux risques réels pour la santé et l'absence de normes adéquates d'encadrement⁶¹. Il faudrait peut-être écouter. L'ampleur de l'augmentation de la taille, poids et puissance des nouvelles éoliennes en milieu habité et agricole est considérable. L'encadrement de la planification des projets éoliens ne semble pas tenir compte de cette nouvelle réalité et démontre d'importantes lacunes que nous allons aborder dans ce document.

1.2 OBJECTIF: CUEILLETTE ET PRÉSENTATION DE LA LITTÉRATURE SCIENTIFIQUE

Le présent document a pour objectif de recueillir et de présenter la littérature scientifique pertinente à la situation du développement éolien au Québec, afin de mettre en lumière d'éventuels impacts sur la santé, lorsqu'implantés en sol agricole et habité. Pour ce faire, nous aborderons les sujets suivants:

- Section 3. Infrasons et basses fréquences
- Section 4. La modulation d'amplitude :caractéristiques et propagation
- Section 5. Caractéristiques des nouvelles éoliennes de grande taille
- Section 6. Les impacts sur la santé humaine
- Section 7. L'encadrement et les normes en vigueur au Québec
- Section 8. L'eau potable et les parcs éoliens
- Section 9. Effets indésirables sur la santé des animaux

⁵⁸ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Łuszczynska als, 2025](#)

⁵⁹ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines, 2023](#)

⁶⁰ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Łuszczynska als, 2025](#)

⁶¹ <https://www.leleopard.com/communique-629302.html>

N.B. : certaines informations provenaient des présentations et conférences de la Acoustical Society of America (ASA), l'Institute of Noise Control Engineering (INCE).

2. DÉFINITIONS, SPÉCIFICATION ET ABRÉVIATIONS

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est pertinent de présenter quelques définitions avec les spécifications et abréviations en lien avec l'enjeu des éoliennes.

2.1 ABRÉVIATIONS

Les abréviations suivantes sont fréquemment utilisées dans la littérature scientifique :

- **IWT**: *Industrial Wind Turbines* / Éoliennes industrielles
- **WTN**: *Wind Turbine Noise* / Bruit des éoliennes
- **ISLFN ou ILFN**: *Infrasound and Low Frequency Noise* / Infrason et bruit de basse fréquence
- **SPL**: *Sound Pressure Level* / Pression sonore de l'éolienne (dB) (ISBF)
- **SWL** : *Sound Power Level* /Niveau de Puissance sonore de l'éolienne
- **AHE** : *adverse health effects* / effets néfastes pour la santé

2.2 PRINCIPE DE PRÉCAUTION

Le principe de précaution, tel que mentionné ci-haut dans l'extrait du RCI # 2024-03, est un concept établi lors du sommet de Rio en 1992. Ce principe stipule⁶² :

« En l'absence, à un moment donné, de certitudes, dû à un manque de connaissances techniques, scientifiques ou économiques, il convient malgré tout de prendre des mesures de gestion des risques afin de prévenir des dommages potentiels graves sur l'environnement et la santé. »

2.3 SANTÉ

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) définit la santé de la manière suivante⁶³:

« La santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité. »

⁶² https://fr.wikipedia.org/wiki/Principe_de_pr%C3%A9caution

⁶³ https://www.has-sante.fr/plug-ins/ModuleXitiKLEE/types/FileDocument/doXiti.jsp?id=c_2835466, Lien direct vers le document Santé globale, bien-être et promotion de la santé, téléchargé à partir du site web OMS

2.4 NUISANCE

Nuisance (ou gêne, dérangement)

« Action ou chose qui causent du tort, perturbe ou endommage, notamment par une gêne persistante ou une pollution. Le terme anglais « annoyance » est souvent employé comme indicateur de référence dans la littérature scientifique. Il se traduit en français par des termes tels que: dérangement, gêne, désagrément ou nuisance. Par exemple, on fait référence à un fort dérangement ou être fortement dérangé « highly annoyed », selon le contexte⁶⁴. » **Selon l'OMS et Santé Canada le Terme "High annoyance/HA" est associé à un problème de santé publique.**

Dans la documentation scientifique, la nuisance a été étudiée comme: « Un des effets sur la santé, reconnu comme tel par l'OMS et Santé Canada⁶⁵;

- Comme estimation de l'exposition subjective au bruit;
- Et comme facteur confondant ou médiateur d'autres effets sur la santé (ex. : effets cardiovasculaires) »⁶⁶; ou psychologiques par le stress.

Les différentes sources des nuisances par les éoliennes peuvent venir des impacts visuels (l'effet stroboscopique des ombres mouvantes, balisage clignotant nocturne) et sonores (bruit audible et inaudible infrasons /basses fréquences et modulation d'amplitude).

2.5 BRUIT ENVIRONNEMENTAL

Le bruit environnemental fait référence au bruit auquel la population est exposée en dehors du contexte du milieu de travail, par exemple le bruit de la circulation routière, du transport ferroviaire et aérien, celui des industries, de la construction et des travaux publics, etc. Le bruit est défini par l'OMS comme étant tout son considéré comme indésirable. Ces sons indésirables peuvent être non souhaités, dérangeants, ou avoir une puissance suffisamment élevée susceptible de causer des effets néfastes sur la santé. **L'OMS considère que le bruit est la deuxième source de pollution en importance après la pollution de l'air⁶⁷.** On dit que les oreilles ne dorment jamais⁶⁸.

2.6 BRUIT DES ÉOLIENNES

⁶⁴ [Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains | INSPQ](#)

⁶⁵ [Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance](#), Michaud & als, 2016

⁶⁶ [Effets sur la santé liés au bruit des éoliennes : dérangement et perturbations du sommeil | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#). p.2, 2023

⁶⁷ [Effets du bruit environnemental sur la santé physique](#), Santé Québec

⁶⁸ [INSPQ Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains](#)

Le bruit émis par les éoliennes, ci-après appelé « bruit des éoliennes », provient de deux sources⁶⁹.

- Bruit mécanique
 - Le bruit mécanique n'est généralement pas la source de bruit dominante des éoliennes modernes (mis à part pour l'occasionnel son produit par les engrenages).
- Bruit aérodynamique
 - Le bruit aérodynamique est la source dominante de bruit des éoliennes modernes. Il est présent à toutes les fréquences, de la plage d'infrasons des sons à basse fréquence jusqu'à la plage audible normale. Le bruit aérodynamique est produit par la rotation des pales de l'éolienne dans l'air.

Il est important de souligner que le bruit environnemental produit par une éolienne est très particulier: il contient une forte proportion **d'infrasons**, de **basses fréquences** ainsi qu'une **modulation de l'amplitude**. Ces caractéristiques particulières sont résumées ci-dessous (Voir sections 3 et 4). Le bruit des éoliennes est perçu plus dérangeant que celui d'autres sources de bruit (trafic routier, train, avion), il n'est pas constant et varie avec le passage des pales devant le mât.

3. INFRASONS ET BRUITS DE BASSES FRÉQUENCES

Les infrasons sont définis comme des sons dont la fréquence est inférieure à 20 Hz. Les bruits de basse fréquence sont, quant à eux, des sons dont la fréquence se situe sous la barre des 125 Hz. Ils diminuent deux fois moins avec la distance que le bruit du spectre audible et sont donc la composante dominante des émissions sonores des éoliennes sur des distances plus grandes⁷⁰.

Les infrasons/bruits basses fréquences voyagent sur de grandes distances et sont augmentés à l'intérieur des habitations^{71,72,73}. Ils peuvent se propager par l'air et le sol via le mât des éoliennes, sous forme de microsismicités (courriel Robert Rand, acousticien INCE, 2024).

Ces vibrations peuvent être ressentis dans certains cas à des distances de 10 km et plus, selon la nature du sol et du bâtiment. L'effet est augmenté selon la taille, le poids et la puissance des éoliennes⁷⁴.

⁶⁹ [Le son des éoliennes et ses répercussions sur la santé](#), pdf, section 3.1.3, p.19

⁷⁰ [Infrasound and Low-Frequency Noise from Wind Turbines](#), Hansen & Zajamsek, 2015

⁷¹ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), Bakker & als 2022

⁷² [Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction \(scirp.org\) section 2](#)

⁷³ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand](#), youtube

⁷⁴ [Human perception of wind farm vibration, Nguyen & als, Flinders University](#), Adelaide Australia, 2019

Bien que les infrasons et certains bruits de très basse fréquence ne peuvent être entendus comme des sons perceptibles par l'ouïe, ils peuvent tout de même être perçus comme des sensations dérangeantes, par exemple comme de la pression dans les oreilles, des étourdissements, une sensation de mal de mer, etc. Cela s'explique par le fait que certaines cellules nerveuses auditives, **les cellules ciliées externes**, et le système nerveux central sont sensibles à ce type de vibrations acoustiques^{75,76,77,78}.

Malgré la dénégation par les promoteurs et certains organismes de santé publique de certaines études et rapports au sujet des impacts des basses fréquences/infrasons et l'invocation de l'effet nocebo (section 6.3.7) par les promoteurs et certains organismes de santé publique, les rapports et études des chercheurs internationaux confirment la propagation et la perceptibilité sur de grandes distances par leur modulation d'amplitude (3,5 km et plus selon certaines études)^{79,80,81}

Selon la sensibilité et vulnérabilité des riverains, leur qualité de vie ou leur sommeil pourrait être affecté^{82,83,84}.

L'absence de consensus autour des recherches sur les infrasons des éoliennes, sur leurs impacts sur le dérangement et sur les possibles troubles du sommeil qu'ils engendrent s'explique entre autres, par la stricte séparation de 20 Hz entre infrasons et basses fréquences : les riverains associaient les sensations/perceptions reliés avec les basses fréquences, aux infrasons alors que⁸⁵, selon les recherches, c'est davantage la modulation dans le spectre des très basses fréquences et infrasons qui serait dérangeante.

Du fait de l'augmentation de la taille et de la puissance des éoliennes actuelles et de leurs émissions sonores en basses fréquences⁸⁶, plusieurs recherches soulignent la nécessité de normes pour les basses fréquences. Selon la revue de littérature récente *Should Limit Values Be Set For Infrasound Caused By Wind Turbines? (2025)*, la réglementation danoise, en vigueur depuis 2012, offrait la

⁷⁵ [How Does Wind Turbine Noise Affect People?](#), Alec N. Salt and Jeffrey T. Lichtenhan

⁷⁶ [Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound](#), Canadian Audiologist, 2025

⁷⁷ [Infrasound and Low-Frequency Noise from Wind Turbines](#), Hansen & als 2015

⁷⁸ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#), Steven Cooper, 2021

⁷⁹ [Audible thumping from wind farms can travel up to 3.5 km](#), Hansen & als

⁸⁰ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#), Cooper 2021

⁸¹ [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), Hansen & als, 2022

⁸² [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), Bakker & als, 2022

⁸³ [Infrasound effects on inner ear and activation of the brain](#), Prof. Alec Salt, Washington School of Medicine expert

⁸⁴ [Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction \(scirp.org\)](#), Ursula Maria Bellut-Staeck, 2023

⁸⁵ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), Nguyen & als, 2022

⁸⁶ [Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction](#), Ursula Maria Bellut-Staeck, 2023

meilleure corrélation avec les évaluations subjectives étant donné que le bruit des éoliennes est un bruit impulsif, non constant et différent d'autres sources de bruit. . « *Le Danemark est peut-être le seul pays à ce jour à disposer d'une réglementation spécifiant les niveaux acceptables de bruits à basses fréquences (LFN) à l'intérieur causé par les éoliennes. ...Seuls le Danemark et l'Allemagne soumettent les résultats de l'analyse fréquentielle à des calculs supplémentaires prenant en compte le caractère tonal et/ou impulsif du bruit* ⁸⁷ . »

L'industrie admet que les mesures utilisant la pondération A sous-estiment les composantes de basses fréquences et infrasons ⁸⁸.

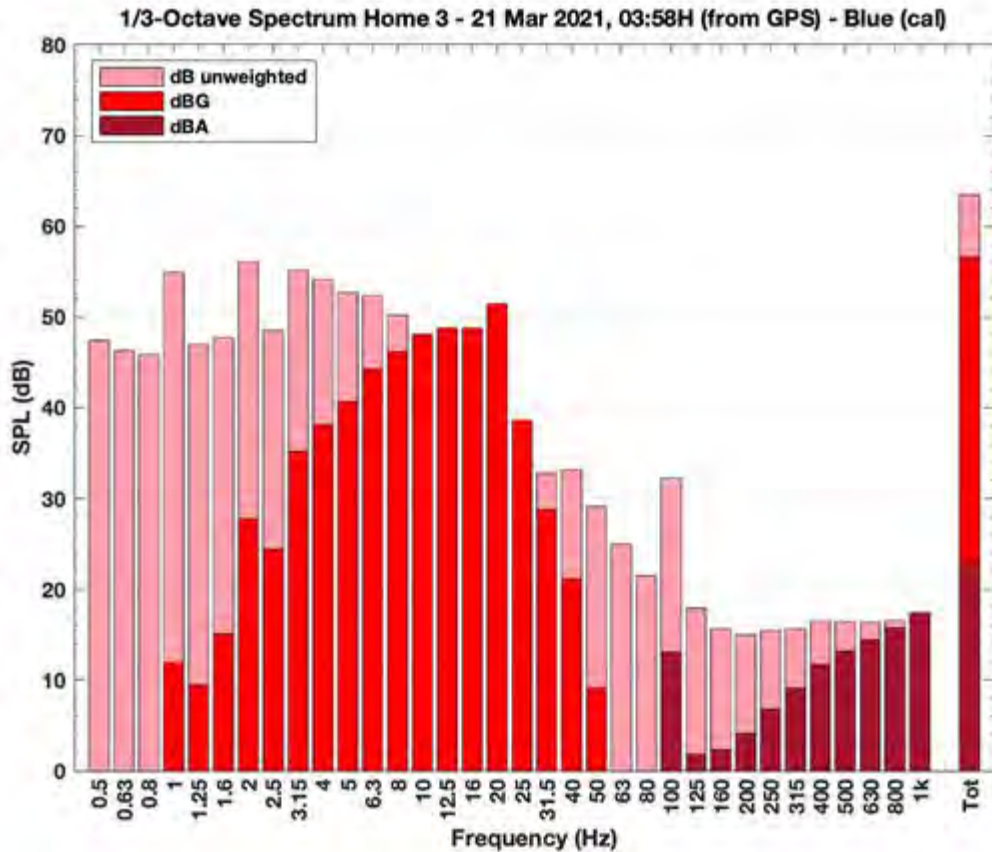
De plus, si les mesures sont prises à l'extérieur, elles tiennent peu compte des niveaux sonores à l'intérieur des habitations et des impacts pour les résidents.

Voici l'exemple d'un comparatif des niveaux sonores réels à l'intérieur d'une résidence selon des pondérations. La pondération G inclut davantage le spectre des infrasons/basses fréquences.

« **La figure 2** compare les données auxquelles les **pondérations A et G** ont été appliquées. Elle montre également les valeurs lorsqu'aucune pondération n'est imposée ».

⁸⁷ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczynska, 2025

⁸⁸ [Effet sur la santé des infrasons provenant de parcs éoliens](#), AtkinsRéalis, 2024



« Comparaison des données acoustiques acquises avec des systèmes non pondérés, pondérés G et pondérés A (moyenne sur 10 minutes). Notez qu'entre 10 et 25 Hz, les niveaux de pression acoustique pondérés G sont définis comme étant supérieurs aux valeurs non pondérées » (Propagation à l'intérieur d'une maison)⁸⁹.

- L'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1999) et plusieurs autres études suggèrent que le bruit pondéré A qui a une composante basse fréquence importante ne constitue pas une évaluation fiable du niveau sonore⁹⁰ et qu'en présence de composantes basses fréquences importantes, les mesures du bruit basées sur la pondération A sont inappropriées.
- « Il convient de noter qu'une forte proportion de composantes basses fréquences dans un bruit peut accroître considérablement les effets néfastes sur la santé »
- « Les données sur le bruit de basse fréquence sont suffisamment solides pour susciter une préoccupation immédiate. »

⁸⁹ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), Bakker & als, 2022

⁹⁰ [Guidelines for community noise](#), 10 février 1999

- la proportion des basses fréquences devient dominante avec l'augmentation de la distance, leur propagation dépend de la hauteur de la nacelle⁹¹ et est augmentée avec les éoliennes de grande taille.

Au sujet des infrasons, l'OMS dans son rapport Guidelines for Community Noise /1999, avise:

« Une attention particulière doit être accordée aux sources de bruit dans un environnement avec de faibles niveaux de bruit de fond, aux combinaisons de bruit et de vibrations et aux sources de bruit avec des composantes à basse fréquence...On estime que les effets sur la santé dû aux composantes basse fréquence du bruit sont plus graves que ceux des bruits communautaires en général »

Selon l'industrie, il semble difficile et complexe d'inclure les calculs du bruit basses fréquences et infrasons dans les modélisations pour la planification des projets éoliens. Cependant, on admet que les modélisations en pondération A sous-estiment les composantes infrasons/basses fréquences⁹².

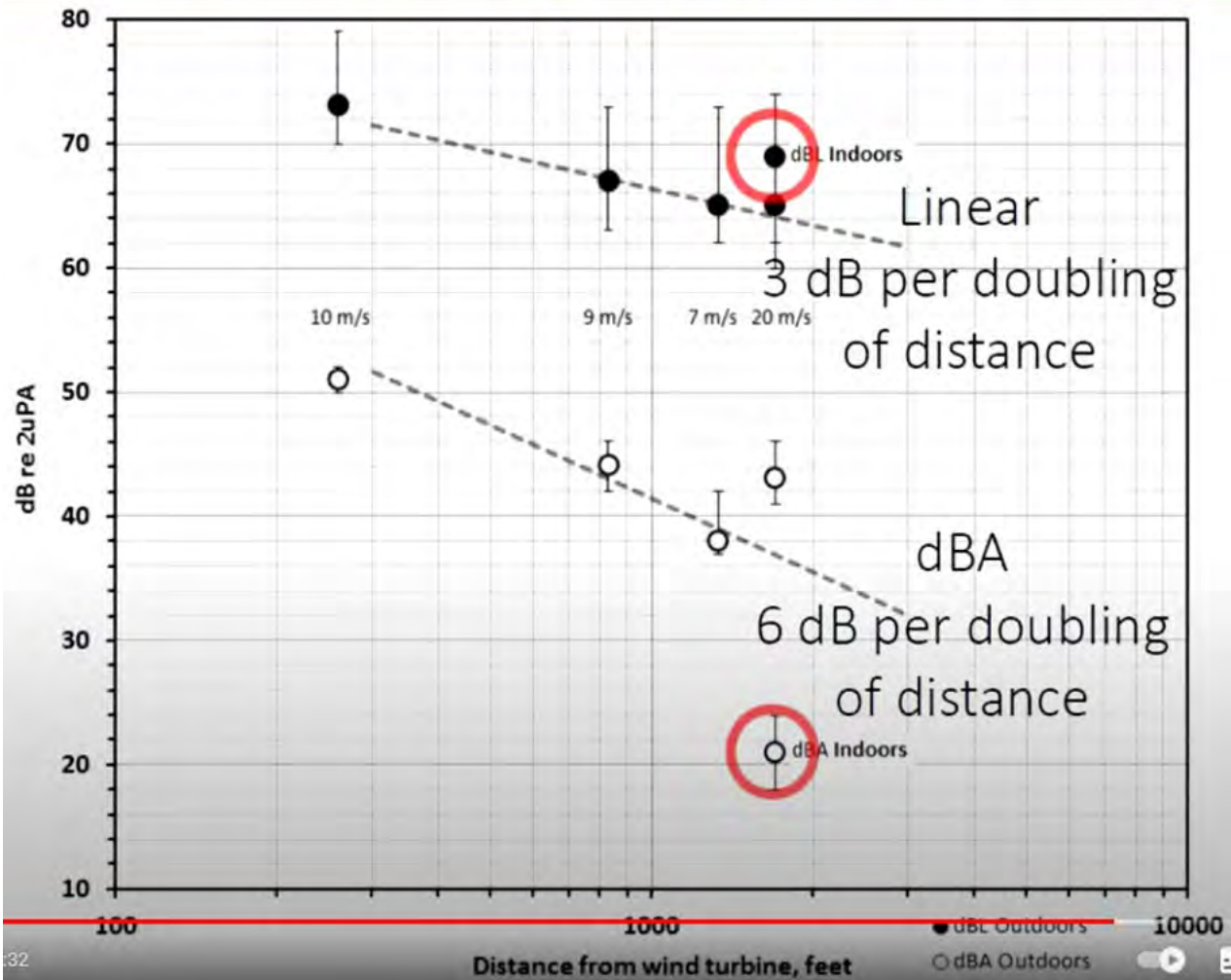
La propagation des basses fréquences des éoliennes sur de grandes distances et l'augmentation à l'intérieur des habitations pourrait devenir problématique en zone habitée et agricole⁹³.

⁹¹ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#), Hansen & als, 2015

⁹² [Effet sur la santé des infrasons provenant de parcs éoliens](#), AtkinsRéalisis, 2024

⁹³ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#), Hansen & als, 2015

Low Frequency Noise Dominates



[Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand, 28:36](#)⁹⁴

« L'atténuation des hautes fréquences sur la distance est nettement supérieure à celle des basses fréquences, ce qui conduit à une forme de spectre différente pour les emplacements de récepteur éloignés des éoliennes⁹⁵. »

Ceci peut créer des problèmes de phasage par rapport au bruit provenant de plusieurs éoliennes qui ne fonctionnent pas à une vitesse synchronisée.

La présence de plusieurs éoliennes avec des distances différentes et leur propagation vers les résidences pourraient multiplier les impacts par la combinaison de facteurs: le bruit audible,

⁹⁴ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand, 28:36](#)

⁹⁵ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#), Cooper 2021

acoustiques qui se produisent à l'intérieur des habitations en raison de l'atténuation de l'enveloppe du bâtiment. Le contenu spectral des environnements intérieurs des habitations en matière de bruit intrusif provenant des éoliennes est entièrement différent de celui de l'environnement extérieur, en particulier lorsque l'on considère l'utilisation d'un niveau pondéré A dominé par les fréquences de la bande moyenne... »

« ...En raison de la réponse de l'oreille humaine (par rapport aux courbes de sonie utilisées en acoustique), la nature du bruit intrusif par rapport à un bruit de fond plus faible peut modifier considérablement ses impacts subjectifs⁹⁹. »

Sources et documentation supplémentaires:

- Epidemiological study on long-term health effects of low-frequency noise produced by wind power stations in Japan¹⁰⁰.
- World Health Organization, Guidelines for Community Noise, 1999¹⁰¹.
- Punch & James, Wind turbine noise and human health, (20016) pdf¹⁰²
- Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand (youtube.com), Rob Rand, ASA, INCI¹⁰³.
- Minnesota Department of Health (MDH), Public Health Impacts of Wind Turbines, 2009 PDF¹⁰⁴.
- National Research Council (NRC). Environmental Impacts of Wind-Energy Projects, 2007 NRC, Washington, DC¹⁰⁵.
- DeGagne et al., Incorporating Low Frequency Noise Legislation for the Energy Industry in Alberta, CANADA SOURCE: Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Volume 27, Number 2, September 2008, pp. 105-120¹⁰⁶.
- Les effets des infrasons produits par les éoliennes, Jean-Louis Remouit¹⁰⁷.

⁹⁹ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#), Cooper 2021

¹⁰⁰ [Epidemiological study on long-term health effects of low-frequency noise produced by wind power stations in Japan](#), Ishitake & als, 2019

¹⁰¹ [Guidelines for community noise](#), 10 février 1999

¹⁰² [Punch & James, Wind turbine noise and human health](#)

¹⁰³ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand \(youtube.com\)](#)

¹⁰⁴ [Minnesota Department of Health \(MDH\), Public Health Impacts of Wind Turbines](#), 2009

¹⁰⁵ <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11935/environmental-impacts-of-wind-energy-projects>

[Environmental Impacts of Wind-Energy Projects, 2007](#)

¹⁰⁶ (PDF) [Incorporating Low Frequency Noise Legislation for the Energy Industry in Alberta, Canada](#), septembre 2008

¹⁰⁷ [Les effets des infrasons produits par les éoliennes](#), Jean-Louis Remouit, pdf via PCENY

4. LA MODULATION D'AMPLITUDE: CARACTÉRISTIQUES ET PROPAGATION

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES ÉMISSIONS SONORES

Le bruit aérodynamique des éoliennes n'est pas constant; il augmente de façon périodique lors du mouvement de la pale vers le bas. C'est ce qu'on appelle la modulation d'amplitude. Cette modulation survient **environ** une fois à la seconde pour une éolienne type à trois pales. Autrement dit, **le niveau sonore augmente et diminue une fois à la seconde**¹⁰⁸.

Selon les résultats de recherches récentes, on constate que la modulation d'amplitude est une des caractéristiques particulières du bruit des éoliennes qui contribue au dérangement et à la perturbation de sommeil.

« **L'une des composantes les plus ennuyeuses et potentiellement perturbatrices du sommeil du WFN (bruit de ferme éolienne) est la modulation d'amplitude (AM)** ^{109,110,111}. » On peut constater que la modulation d'amplitude et sa propagation sur des distances considérables sont sujettes à de nombreuses études de la part des experts en recherche sur le bruit des éoliennes (Euronoise Internoise International Noise Control Engineering). De nouvelles normes ou mises à jour sont recommandés^{112,113}.

La propagation de la modulation d'amplitude et ses effets ont pu être mesurés jusqu'à des distances de 3,5 et 9 km des éoliennes, dans certains parcs éoliens (3MW). L'effet sera différent pour les éoliennes de grande taille (6-7 MW) prévues pour les projets éoliens au Québec.

Le phénomène peut se produire pour le bruit audible, mais également au niveau des basses fréquences¹¹⁴. La profondeur (écart entre pics et creux sonores) de la modulation d'amplitude est plus élevé dans les basses fréquences à l'intérieur des résidences, qu'à l'extérieur, or les mesures des modélisations des projets éoliens sont basées sur les mesures extérieures, sous-estiment les basses fréquences et la modulation d'amplitude, et ne constituent qu'une moyenne¹¹⁵.

Comme mentionné, cela peut être problématique pour les prédictions de bruit dans un environnement comptant plusieurs éoliennes ou comportant un encerclement par celles-ci, car la distance de

¹⁰⁸ <https://voute.bape.gouv.qc.ca/dl/?id=00000401003>, section 3.1.1, p.17

¹⁰⁹ [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), 2021

¹¹⁰ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), 2022

¹¹¹ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), 2019

¹¹² [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Łuszczynska](#) als, 2025

¹¹³ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), 2023

¹¹⁴ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude \(mdpi.com\)](#), 2021

¹¹⁵ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2019

propagation de la modulation d'amplitude (AM) des basses fréquences/infrasons est différente de celle du bruit audible, les effets pourront se combiner selon la direction du vent et son influence sur l'activité des éoliennes. Les prédictions sonores pour la planification des parcs éoliens s'avèrent complexes à évaluer dans ce cas.

Ceci s'explique par le fait que, selon la distance, la propagation sonore change de sphérique à cylindrique. Sur des distances plus grandes, les conditions atmosphériques (directions et force du vent / température) ont plus d'influence.

Dans le cas d'une résidence qui se trouve dans l'environnement de plusieurs éoliennes entre 1 et 5 km, les **prédictions par modélisation** pourraient s'avérer très complexe¹¹⁶. De plus, « **les niveaux de bruit prévus dépendent du modèle de bruit utilisé pour les obtenir**. De nombreuses juridictions ne précisent pas quel modèle doit être utilisé » pour faire des prédictions précises des impacts sonores sur la population et ils pourraient dépasser les limites de bruit dans de nombreux cas^{117,118}.

Tel que mentionné en section 3, les changements de direction du vent et son influence sur l'activité des différentes éoliennes, l'exposition pour les résidents sera prolongée, les impacts augmentés et multipliés.

Un rapport de la firme d'ingénierie WSP (2023) fournit des éclaircissements au sujet des plaintes de certains résidents voisins de parcs éoliens pour lesquelles on ne trouvait pas d'explication jusqu'ici et qu'on pouvait associer à l'effet nocebo.

Il s'agit de la pondération temporelle c'est à dire, l'intervalle de prise de mesure plus ou moins longue et la relation avec la perception auditive humaine :

Le temps de réponse de l'oreille humaine se situe à 100-150 ms (millisecondes). La prise de mesures de la modulation d'amplitude (AM) effectuées à des intervalles correspondants (125 ms) (millisecondes). permet une meilleure évaluation des impacts, contrairement aux mesures des intervalles plus longs. Lors de mesures plus lentes (1seconde ou 1 minute), l'ampleur de la modulation d'amplitude en ms , bien que perceptible et éventuellement nuisible, sera peu apparente ou masquée sur les courbes de niveau sonore lentes contrairement aux mesures à intervalle court, (125 ms) en corrélation avec **temps de réponse de l'oreille humaine (100-150 ms)**. Tenir compte de cette réalité pourrait permettre de prévenir un certain nombre de plaintes sur la qualité de vie des résidents avoisinants et de meilleures planifications en territoire habité.

¹¹⁶ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#), Hansen & Zajamsek, 2015

¹¹⁷ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020

¹¹⁸ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper Chan, 2020

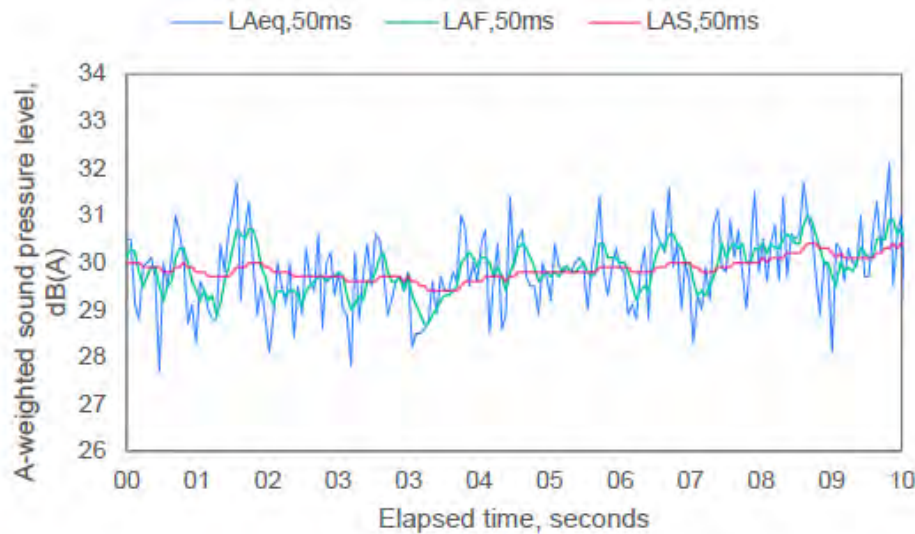


Figure 2-1: Example of time weighting in sound level time series (L_{AF} : Fast weighted with 125 ms weighting; L_{AS} : Slow weighted with 1 s weighting); NB: each time series is evaluated at 50 ms intervals

Figure 2-1 : Exemple de pondération temporelle dans une série chronologique de niveaux sonores (L_{AF} /Fast: pondération rapide avec une pondération de 125 ms (millisecondes) ; L_{AS} /Slow : pondération lente avec une pondération de 1 seconde) : NB : chaque série chronologique est évaluée à des intervalles de 50 ms

« **L'effet de la pondération temporelle a une incidence importante sur les mesures de modulation d'amplitude du bruit des éoliennes** : comme la pondération temporelle lisse les pics et les creux de la série chronologique du niveau sonore, **la profondeur de modulation** (c'est-à-dire la plage entre les pics et les creux du niveau sonore, décrite plus loin) dérivée de la série chronologique du niveau sonore pondéré est généralement plus faible. »

Le rapport explique¹¹⁹ p.47 ,49,50,203: « Pondération rapide : il est courant d'appliquer une pondération temporelle lors du calcul de la moyenne, ce qui permet d'appliquer une fonction de « lissage » aux niveaux mesurés. **La pondération temporelle la plus pertinente pour les mesures du**

¹¹⁹ [Report for BEIS: A review of noise guidance for onshore wind turbines | WSP](#), 31 mai 2023

bruit des éoliennes est la pondération temporelle « rapide », indiquée par « F » dans le descripteur de niveau, par exemple : LAF90, LAFmax, etc. La pondération temporelle rapide a une valeur de 125 ms, ce qui correspond approximativement au temps de réponse de l'oreille humaine à la pleine sensation d'intensité sonore (généralement de l'ordre de 100 à 150 ms, par exemple : L'effet de la pondération temporelle est illustré à la figure 2-1, qui présente une série chronologique de niveaux sonores sur une courte période, quantifiée à l'aide d'indices moyennés et pondérés dans le temps, et inclut également le **signal pondéré « lent » (noté « S », avec une valeur de pondération de 1 seconde) à des fins de comparaison. **Plus la constante de pondération temporelle est élevée, plus le signal est lissé.** »**

Page 48 / L'ampleur de la modulation d'amplitude, selon la pondération temporelle

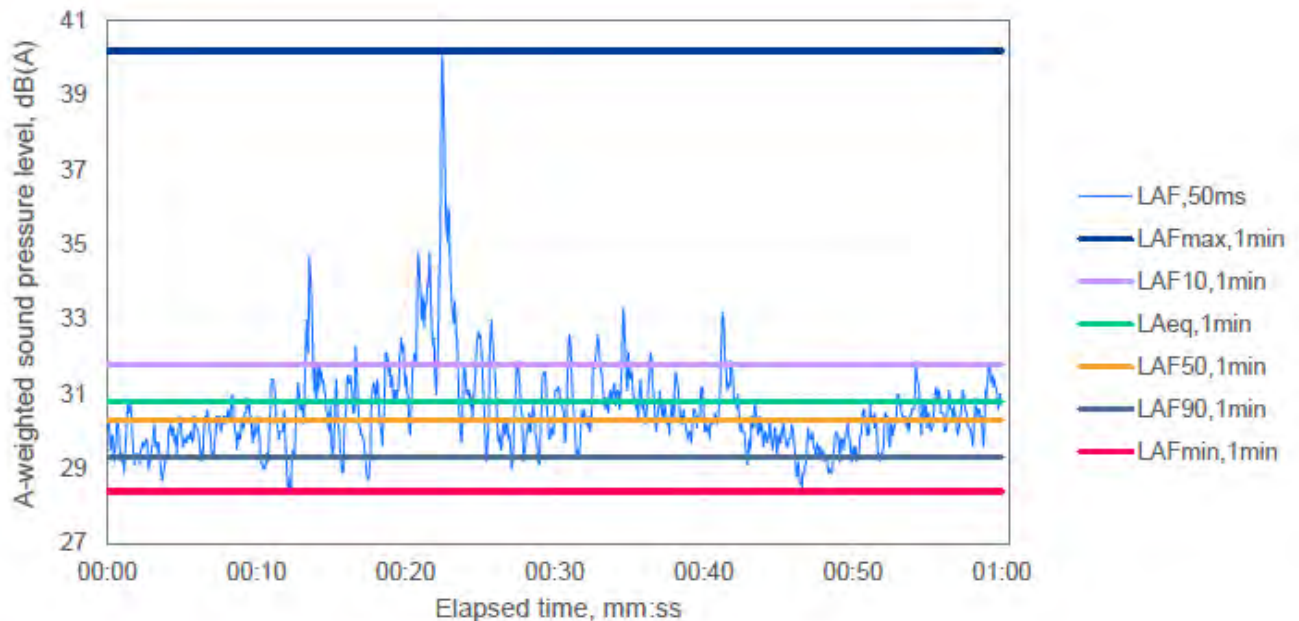


Figure 2-2: Illustrative example of sound level measurement indices

p.48: 2-2 Variation de la pression sonore: Comparaison courbes de mesures avec intervalle 1minute vs intervalle 50ms

L'augmentation soudaine de la puissance sonore émise par les éoliennes peut se produire dans les spectres audibles, mais aussi inaudibles. Donc, si les mesures des infrasons/basses

fréquences ne sont pas mesurées dans l'intervalle de la perception auditive humaine (de 100-150 ms), elles seront peu apparentes ou masquées, mais pourront affecter santé et bien-être de la population par de grands écarts de la modulation d'amplitude.

Une augmentation/ou écart de 10 dB peut donner une perception d'un bruit deux fois plus fort.

Selon le rapport,p.49 : « *Le principal avantage de ces indices pondérés sur une période moyenne à long terme est qu'ils offrent une valeur à un seul chiffre représentant l'exposition globale à une source sonore sur une période relativement longue, pondérée par les sensibilités attendues à différentes périodes. **Autrement dit, ils compressent une grande quantité d'informations en une expression minimale...Les inconvénients** incluent (i) la « compression des données » qui **masque les nuances de l'indice** (ii) **la difficulté de prévoir et d'évaluer la conformité aux niveaux moyens à long terme** (ce qui, à proprement parler, nécessite une compréhension détaillée des conditions de propagation annuelles, influencées par des facteurs complexes, notamment la météo et d'autres variables), et (iii) **le fondement scientifique des pondérations des périodes d'exposition est discutable et peut être interprété comme une confusion entre l'estimateur objectif de l'exposition (le niveau sonore) et les indicateurs de réponse subjectifs (une réaction indésirable plus importante attendue à certains moments de la journée).** »*

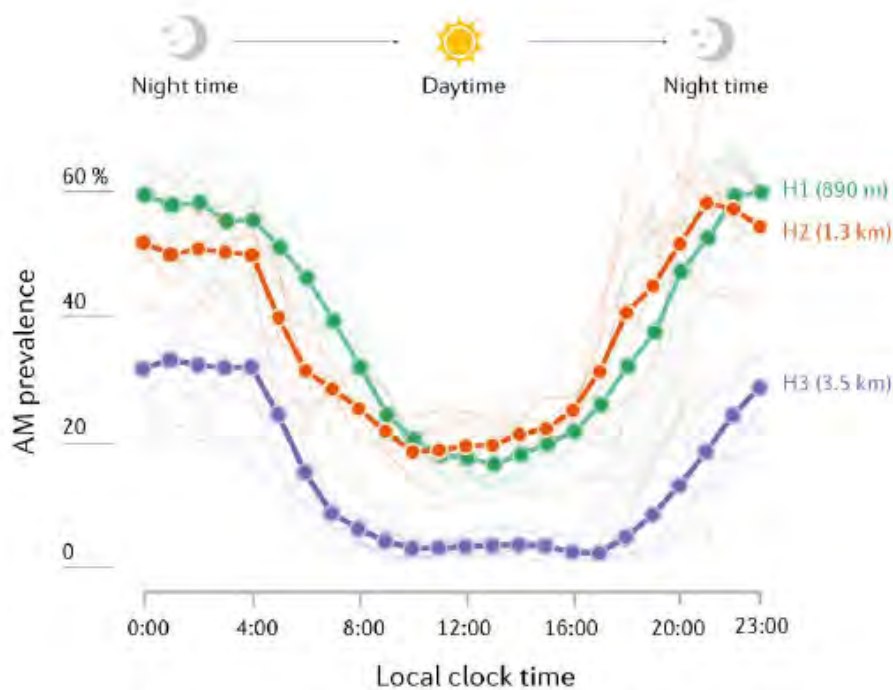


Figure 6-6: Measured AM prevalence across the day at three residential locations over one year in Australia (data from Nguyen et al, 2021³⁶⁷; image © 2021 Elsevier Ltd)

Selon l'étude, on peut constater une prévalence relativement élevée de la modulation d'amplitude AM à des distances de 3,5 km . La prévalence de la modulation d'amplitude (AM) varie selon l'heure de la journée¹²⁰. Elle est augmentée lors des heures de lever et couchers du soleil et pendant la nuit et peut expliquer pourquoi le dérangement et le sommeil comptent parmi les plaintes les plus fréquemment citées , malgré l'apparence de conformité des parcs éoliens.

N.B. : Cette particularité des prises de mesure de la modulation d'amplitude selon la pondération temporelle et les fréquences contredit les dénégations de l'industrie et des promoteurs et l'argument de l'effet nocebo qu'ils avancent au sujet des impacts des éoliennes. On trouvera à la section 6.3.7 de

¹²⁰ [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), Nguyen & als, 2021

l'information au sujet de cette étude de Crichton/Chapman¹²¹, qui a attiré beaucoup d'attention et est citée fréquemment par l'industrie, et aussi par la santé publique.

Page 50 / La modulation de l'amplitude selon la fréquence :

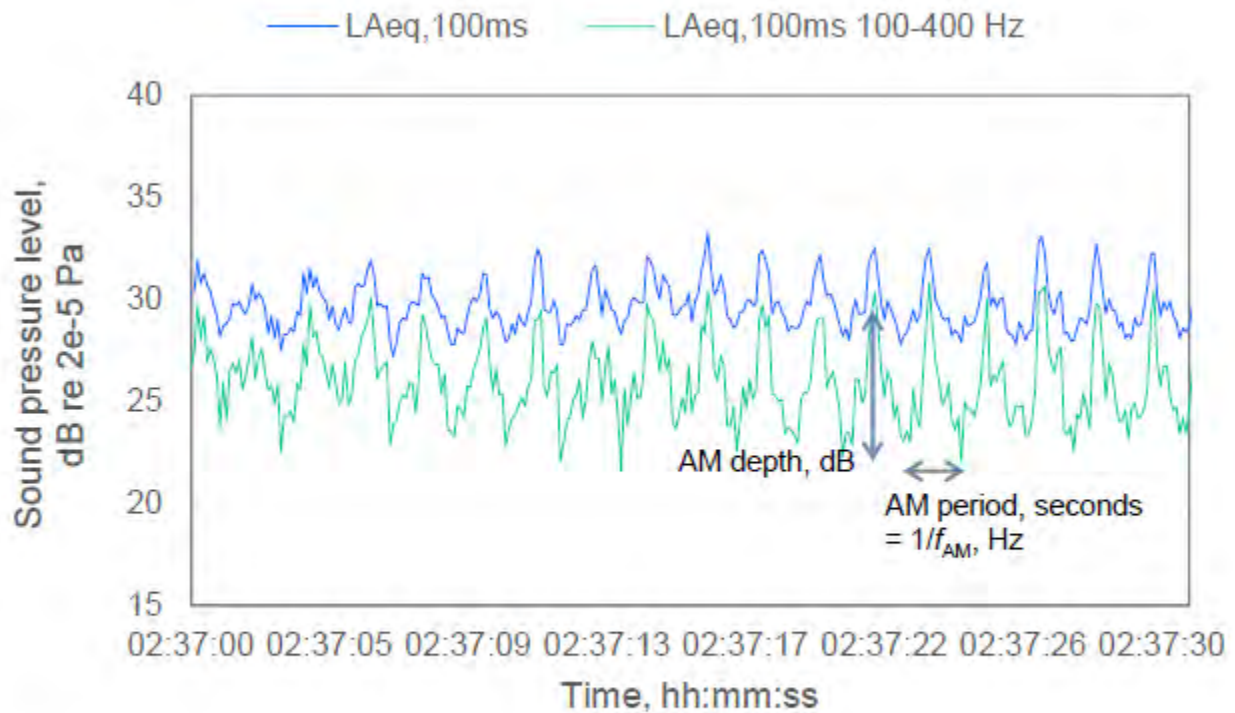


Figure 2-4: Example of wind turbine sound amplitude modulation

¹²¹ [The Link between Health Complaints and Wind Turbines: Support for the Nocebo Expectations Hypothesis](#), Crichton & als, 2014

4.2 PROPAGATION DES ÉMISSIONS SONORES ET DISTANCES SÉPARATRICES

La distance séparatrice des éoliennes avec la population riveraine a une grande importance pour l'évaluation des risques et impacts sur la santé et la qualité de vie et donc pour l'acceptabilité sociale. Tel que cité, selon la dernière mise à jour de l'institut National des Santé du Québec, l'Institut n'est pas en mesure d'établir une distance uniforme, car les impacts éventuels dépendent de nombreux facteurs¹²². En plus des impacts visuels, beaucoup de variables peuvent influencer la propagation du bruit des éoliennes: la topographie, les conditions et directions du vent, la température, l'humidité, le modèle, la hauteur ainsi que le nombre d'éoliennes, l'influence de la modulation d'amplitude dans le spectre audible et inaudible^{123,124,125,126,127}. Cela représente des défis pour élaborer un modèle prédictif/ modélisation pour la planification et le design d'un parc éolien. (N. Sedaghatizadeh 2018), particulièrement en territoire habité^{128,129}.

L'importance de la distance séparatrice sur la santé humaine se reflète dans les résultats d'une étude épidémiologique japonaise : on constate deux fois plus de troubles du sommeil à des distances de 1500m qu'à 2000m¹³⁰.

Les répercussions des troubles du sommeil chroniques sur la santé de la population sont connus¹³¹. L'effet peut être plus prononcé avec une exposition prolongée et chez la population en milieu rural, habituée à un niveau particulièrement calme, souvent à 25 dB ou moins¹³².

Bien que les situations des différents projets éoliens ne puissent pas être généralisées, il y a lieu de tenir compte des conclusions de certaines recherches:

« Des résultats préliminaires ont montré que les tonalités AM pourraient être plus dérangeantes que les tonalités pures. Ainsi, les tonalités AM, audibles par de nombreuses personnes dans des conditions défavorables, pourraient constituer un facteur important de nuisances sur de longues distances.... »

¹²² [INSPQ Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#), pdf p.116

¹²³ [INFRA-SOUND AND LOW-FREQUENCY NOISE FROM WIND TURBINES, 2015](#)

¹²⁴ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurement Near Wind Power Plants](#), 2022

¹²⁵ [PREDICTION OF INFRA-SOUND AND LOW FREQUENCY NOISE PROPAGATION FOR MODERN WIND TURBINES – A PROPOSED SUPPLEMENT TO ISO 9613-2](#), 2015

¹²⁶ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2019

¹²⁷ [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude](#)

¹²⁸ [Modelling of wind turbine wake using large eddy simulation](#), Sedaghatizadeh & als, 2018

¹²⁹ [The effect of unsteady flow on wind turbine wake development and noise generation](#), Sedaghatizadeh, pdf p. 70

¹³⁰ [Epidemiological Study on Long-Term Health Effects of Wind Turbine Noise in Japan](#), Ishitake, 2018

¹³¹ [OMS Night noise guidelines for Europe](#), 2009

¹³² [Outdoor to indoor reduction of wind farm noise for rural residences](#), Hansen & als 2015

Cette caractéristique des WFN (bruit de parcs éoliens) se produit généralement dans la gamme des infrasons et des basses fréquences. »

L'étude [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#) conclut: « Les tonalités AM (modulation d'amplitude) se produisant dans la gamme des basses fréquences pourraient être audibles par des personnes normo-entendantes vivant jusqu'à environ 9 km d'un parc éolien, en particulier à forte puissance et sous le vent, et pourraient être interprétées à tort par certaines personnes comme des infrasons....

Par conséquent, **l'évaluation des WFN basée sur une mesure courante telle que le niveau de pression acoustique pondéré A risque de sous-estimer les impacts des WFN sur les communautés environnantes¹³³.** »

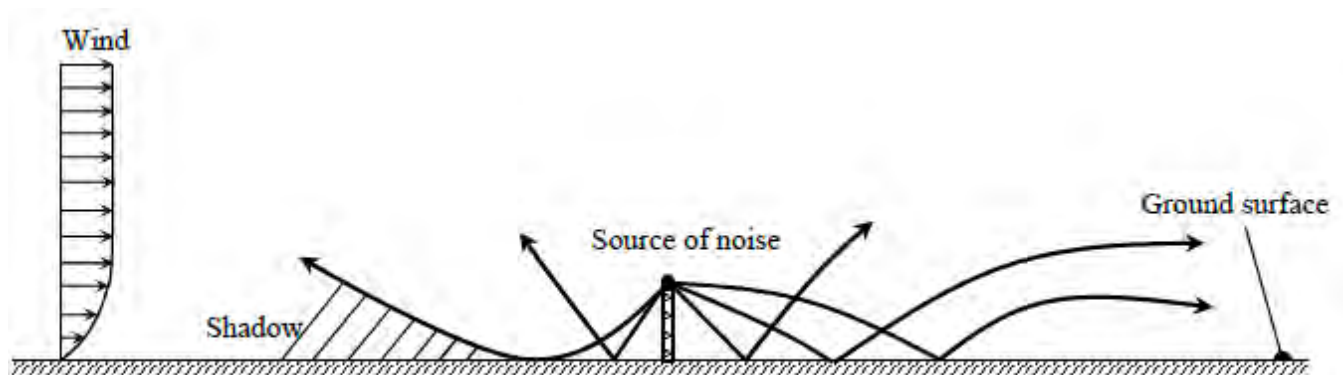


Figure 2.25 Effect of wind gradient and ground reflection on noise directivity (Schepers and Hubbard, 1985).

Schéma reproduit, de N. Sedaghatizadeh, University of Adelalaide¹²⁰ pdf page 70

QUELLE DISTANCE SÉPARATRICE SERAIT ADÉQUATE?

Tel qu'on a pu constater dans l'introduction, la tendance vers des éoliennes plus grandes n'est pas reflétée dans la majorité des règlements actuels des MRC, qui ont adopté les distances de recul variant selon les projets de 600-900m pour les résidences hors périmètre urbain. L'absence d'étude compte tenu de l'augmentation de la taille et puissance des nouvelles éoliennes confirme la conclusion de l'INSPQ au sujet de la détermination des distances séparatrices. Les élu.e.s devront donc exercer davantage de vigilance et rechercher des informations pertinentes.

¹³³ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), Annexe G [pdf entier via PCENY](#)

En France, dans le passé, selon un rapport de l'Académie nationale de médecine¹³⁴, les recommandations scientifiques pour les distances séparatrices sécuritaires fixées en 2006 par l'Académie (1500 m/éolienne de 2,5 MW classée installation industrielle) ont été modifiées par la loi de la transition énergétique abaissant les distances séparatrices à 500 m (2011). Cette nouvelle loi plaçait les éoliennes sous le régime des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)¹³⁵. C'est la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (n°2015-992 du 17 août 2015) qui fixe désormais le cadre de la politique éolienne en France^{136,137}.

5. CARACTÉRISTIQUES DES ÉOLIENNES ACTUELLES

5.1 VERS DES ÉOLIENNES DE PLUS EN PLUS HAUTES ET PLUS PUISSANTES

L'effet de l'augmentation de la taille des éoliennes sur le bruit pour la population :

Afin de mieux comprendre l'évolution récente de la technologie éolienne, l'étude comparative de *B. Hoen et al.*, financé par le U.S. Department of Energy Wind Office et effectuée en collaboration avec les 3 plus importants fabricants éoliens aux États-Unis General Electric (GE), Vestas, et Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) peut mettre en perspective les dernières avancées technologiques de l'industrie¹³⁸. Elle présente une comparaison entre les éoliennes installées depuis les 10-15 dernières années (*Then*: 2011-2020) et celles installées actuellement (*Now*: 2019-2020 et *Future*: 2023-2025 (5 MW)).

¹³⁴ [Rapport 17-03. Nuisances sanitaires des éoliennes terrestres](#), Académie nationale de médecine, 2017

¹³⁵ Ce régime permet d'encadrer les ouvrages et installations susceptibles de générer des impacts significatifs sur le voisinage, la santé, la protection de la nature, etc. ainsi que des risques vis-à-vis de la sécurité des personnes.

¹³⁶ [Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte](#), Légifrance, 2022

¹³⁷ [Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte \(TEPCV\)](#), Ministère de la Transition Écologique, 2022

¹³⁸ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#), Hoen & als, 2023, sections 2.5 et 4

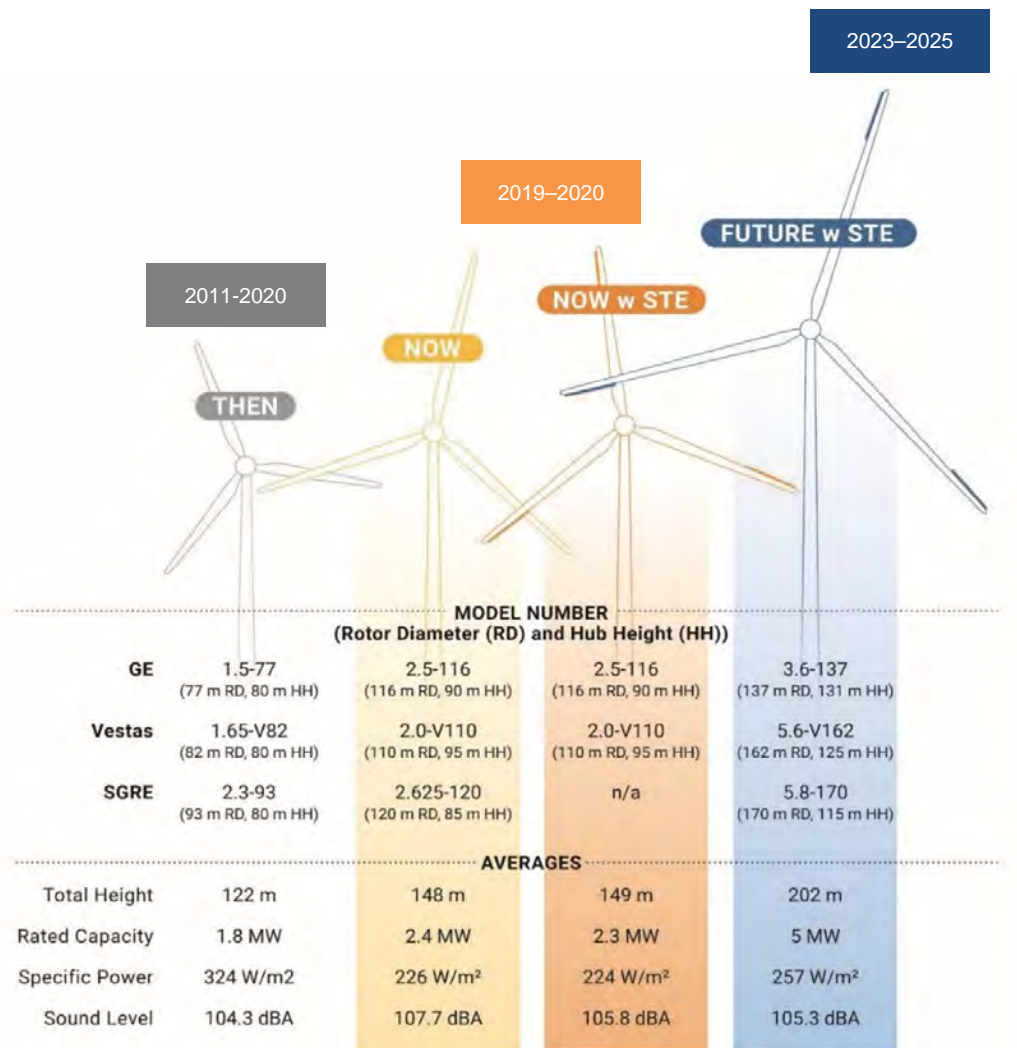


Figure 1: Image tirée de l'article de B. Hoen et al. Titre original: *Then (2011-2020), Now (2019-2020), Now with STE trailing edges), and Future (2023-2025) with STE windE (serrated turbine models for each manufacturer. Sound level refers to SWL¹³⁹.*

Selon la Figure 1 on peut constater l'augmentation de :

- Hauteur moyenne: de 122 m à 202 m
- Diamètre du rotor: +60 %
- Capacité: de 1,8 MW à 5 MW (+70 %)

¹³⁹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261923002209>, section 2.5

Tel que conclu dans l'article de *B. Hoen et al.*, une augmentation significative de la taille des éoliennes est en cours et il s'agit d'une tendance qui devrait se poursuivre. Des éoliennes plus grandes devraient être déployées à l'avenir, plus puissantes et plus efficaces, mais également avec des puissances sonores plus élevées, **ce qui nécessitera l'instauration de distances de recul plus importantes que celles actuellement en vigueur**¹⁴⁰.

Les auteurs de cette étude estiment d'ailleurs que les distances séparatrices avec les habitations avoisinantes devront être d'au moins 1,39 km afin de diminuer les nuisances possibles pour la population et d'éviter de nuire à l'acceptabilité sociale¹⁴¹. Cependant, cette distance ne tient pas compte des impacts visuels, des infrasons/basses fréquences et de la modulation d'amplitude pour la population¹⁴². Il faut aussi considérer que le calcul de cette distance dans le but de maximiser la densité de production éolienne est basé sur des éoliennes de 5 MW, et une modélisation sonore de 45 db pour les résidents avoisinants et 50 dB pour les propriétaires recevant un bénéfice financier. **Selon le rapport on recommande d'augmenter les distances séparatrices selon de la taille et puissance des éoliennes .**

À la lumière de cette étude, on pourrait donc conclure que les distances proposées pour des éoliennes plus puissantes (6-7 MW) en territoire habité, avec une limite sonore de 40 dB, seront insuffisantes. Pour ne pas nuire à l'acceptabilité sociale, les distances séparatrices recommandées devraient être plus grandes. Dans la majorité de leurs schémas d'aménagements et RCI, les MRC ne semblent pas avoir tenu compte des informations de l'industrie et des compatibilités éoliennes/résidents avoisinants.

5.2 COMMENT SONT GÉNÉRÉS LES INFRASONS ET COMMENT FAIT-ON POUR LES RÉDUIRE?

Les infrasons sont générés par des masses lourdes en mouvement ainsi que par des phénomènes de résonance/vibration. La nuisance sonore d'une éolienne est donc directement influencée par l'espace d'air balayé par son rotor et la modulation d'amplitude lors du passage des pales devant le mât.

Plus les éoliennes sont grandes, plus leur potentiel d'émission d'infrasons et de sons de basses fréquences est grand¹⁴³. **En effet, plus le rotor est grand, plus la fréquence émise est basse, et**

¹⁴⁰ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Łuszczynska](#) als, 2025

¹⁴¹ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#), Hoen & als section 4, 2023

¹⁴² [STSC0P3360 HR CAEN RV M US WF V3 4](#), youtube

¹⁴³ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines? Pawlaczyk-Łuszczynska](#) als, 2025

donc plus il y a d'infrasons et de sons de basses fréquences¹⁴⁴. Une partie des fréquences de pression acoustique sont aussi transmises via le mât au sol et peuvent se propager sur de grandes distances créant des micro-sismicités¹⁴⁵.

Les infrasons et les sons de basses fréquences sont difficilement atténuables puisqu'ils sont moins atténués par leur propagation dans l'air ainsi qu'à travers les toits et les murs que les sons audibles^{146,147,148}. Afin de réduire les impacts de ces nuisances sonores (du spectre audible) pour la population avoisinante, le design des pales est maintenant modifié pour inclure des *STE* (*serrated trailing edges*). Malgré cet effort pour mitiger les impacts sonores de façon intrinsèque, il n'en demeure pas moins que les éoliennes actuelles génèrent des nuisances sonores significatives¹⁴⁹. **Ainsi, la seule méthode réelle restante pour s'assurer de réduire le bruit à des niveaux sonores acceptables pour la santé est d'installer ces éoliennes à une distance suffisante de la population.**

L'étude comparative de *B. Hoen et al.*¹⁵⁰ présente aussi **une comparaison des émissions de bruit des éoliennes entre 2006-2020. Les niveaux moyens de puissance sonore des éoliennes (SWL: *Sound Power Level, exprimé en dBA*) ont augmenté régulièrement**, du moins sur la base du parc d'éoliennes installées aux États-Unis et selon les principaux fabricants américains.

La Figure 2 montre l'augmentation au fil du temps de la SWL/puissance sonore moyenne des trois principaux fabricants de turbines installées aux États-Unis. La tendance à la hausse du SWL/puissance sonore est au moins en partie liée aux pales plus longues, ce qui, à moins d'être atténué, entraîne une augmentation des vitesses de pointe, un contributeur majeur aux émissions sonores. Une puissance sonore plus élevée peut être atténuée en ralentissant la vitesse de rotation, mais pas suffisamment pour compenser les effets liés à la longueur de la pale.

¹⁴⁴ [Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens](#), ANSES 2017

¹⁴⁵ [The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements](#), Limberger & als, 2023

¹⁴⁶ [PREDICTION OF INFRASOUND AND LOW FREQUENCY NOISE PROPAGATION FOR MODERN WIND TURBINES – A PROPOSED SUPPLEMENT TO ISO 9613-2](#), 2015

¹⁴⁷ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants | IntechOpen](#)

¹⁴⁸ [\(PDF\) Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction \(researchgate.net\)](#), 2023

¹⁴⁹ [Infrasound and Low-Frequency Noise from Wind Turbines](#), Hansen & als 2015

¹⁵⁰ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#), Hoen & als, 2023

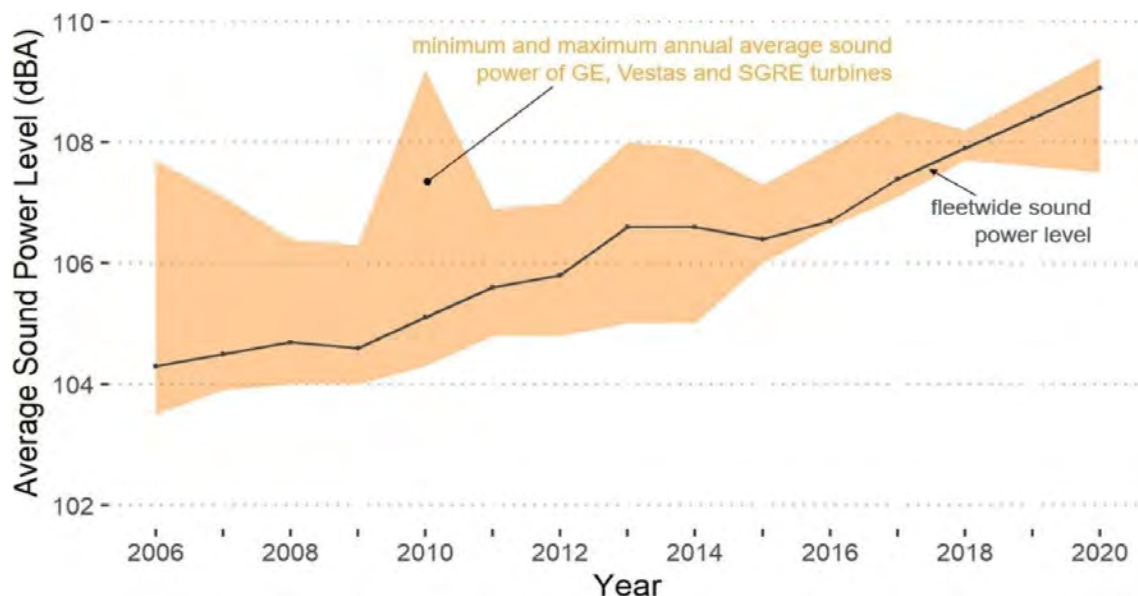


Figure 2: Image tirée de l'article de B. Hoen et als. Titre original: Annual US fleetwide average and minimum and maximum sound power on data provided to the authors by these manufacturers and data collected as part of the development of the US Wind Turbine Database ^{[26], [27]}GE, Vestas, and SGRE constitute 95% of US installed capacity over this period. ⁹⁴

SWL fait référence aux émissions sonores inhérentes à une éolienne, en utilisant la norme internationale CEI 61400-11, telles que rapportées par un fabricant ou via des tests indépendants. L'échelle du bruit en dBA est une échelle logarithmique. Une augmentation de 3dBA équivaut au double de l'énergie sonore.

Les auteurs du rapport constatent que la rapidité d'exécution des projets et le succès de l'émission des permis locaux sont donc directement liés aux impacts sonores potentiels et influencés par l'opposition de la communauté. De plus, **on admet que les fardeaux locaux peuvent inclure des impacts économiques tel que des impacts négatifs sur la valeur des propriétés, une augmentation des inégalités de richesse ou des impacts sensoriels par exemple, le bruit, la visibilité ou le scintillement des ombres.**

5.3 L'IMPACT DU BRUIT D'UN PARC ÉOLIEN SELON LE NIVEAU DE BRUIT INITIAL DU MILIEU: L'ÉMERGENCE

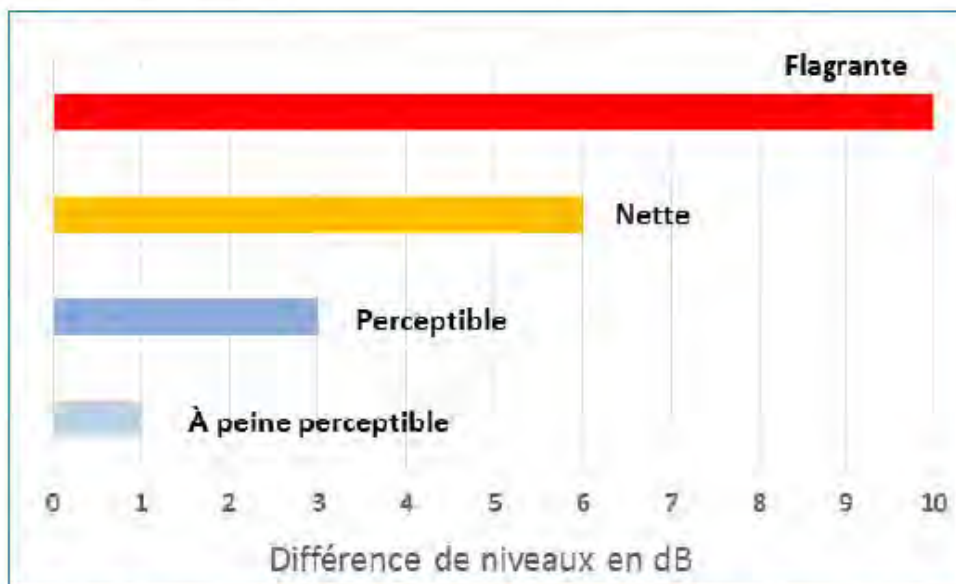
Dans un milieu rural particulièrement calme, souvent avec un niveau de bruit 25 dBA ou moins, et plus particulièrement pendant la nuit, l'impact du bruit des éoliennes industrielles peut amener un niveau plus élevé de dérangement, de troubles du sommeil et de diminution de la qualité de vie des citoyens selon l'ampleur de l'augmentation sonore amené par les projets éoliens¹⁵¹.

¹⁵¹ [Outdoor to indoor reduction of wind farm noise for rural residences](#), Hansen & als 2015

L'écart du niveau sonore entre le niveau initial dans un milieu et celui en présence du parc éolien est appelé émergence.

Par exemple, si un parc éolien amène **une augmentation de 10 dB, par rapport au bruit de fond initial, le bruit sera perçu comme deux fois plus fort.**

Figure 3 **Changement perçu du son selon l'écart entre les niveaux sonores**



Notes : Une augmentation du niveau sonore de 3 dB, qui correspond au doublement de l'énergie sonore, sera perceptible. Autour de 5 à 6 dB, le changement sera perçu de manière plus nette, donc comme une augmentation sensible du son. Autour de 10 dB, le bruit sera perçu comme deux fois plus fort, même si cela correspond à une énergie 10 fois plus grande (voir tableau 2). Enfin, le plus faible changement audible est de l'ordre de 1 dB.

Source : Bruel et Kjaer (10).

12¹⁵²

Institut national de santé publique du Québec

¹⁵² [INSPQ Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie](#), Guide pdf p.12, 2018

Tableau 2 Correspondance entre la variation du niveau sonore en décibels (dB) et l'augmentation de l'énergie sonore

+	X
Une augmentation du niveau sonore de :	... multiplie l'énergie sonore par
3 dB	2
5 dB	3
6 dB	4
7 dB	5
8 dB	6
9 dB	8
10 dB	10
20 dB	100

Adapté de : MTQ (9).

12

Institut national de santé publique du Québec

N.B. Cependant, l'inverse est aussi possible.

Dans l'exemple du Parc Éolien des Cultures, Saint-Michel, Montérégie 2022, 6 éoliennes de 4MW, le bruit initial, avant l'arrivée du parc éolien se situait entre 43-52 dB, ceci peut donc masquer dans une certaine mesure une partie du bruit éolien qui, dans ce cas, est inférieur au bruit ambiant initial¹⁵³.

Avec une augmentation de 10 dB, par rapport au bruit de fond initial, le risque de plaintes augmente particulièrement :

Réponse de la communauté à l'augmentation du bruit¹⁵⁴

Augmentation du bruit	réponse estimée de la communauté
5 dB	plaintes sporadiques
10 dB	plaintes généralisées
15 dB	menaces de la communauté
20 dB	action vigoureuse de la communauté

International Standards Organisation, ISO/TC 43

¹⁵³ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper & Chan, 2020

¹⁵⁴ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand - YouTube](#), 10:45

« Concevoir des niveaux sonores de fond plus forts que les limites rurales mène à des plaintes, des appels pour arrêter le bruit et des poursuites judiciaires, les consultants et les régulateurs ont échoué. » Robert Rand, ASA, INCE, (Institute of Noise Control Engineering) Member Emeritus, (Rand Acoustics, LLC), consultant en acoustique et ingénierie en contrôle de bruit/2019

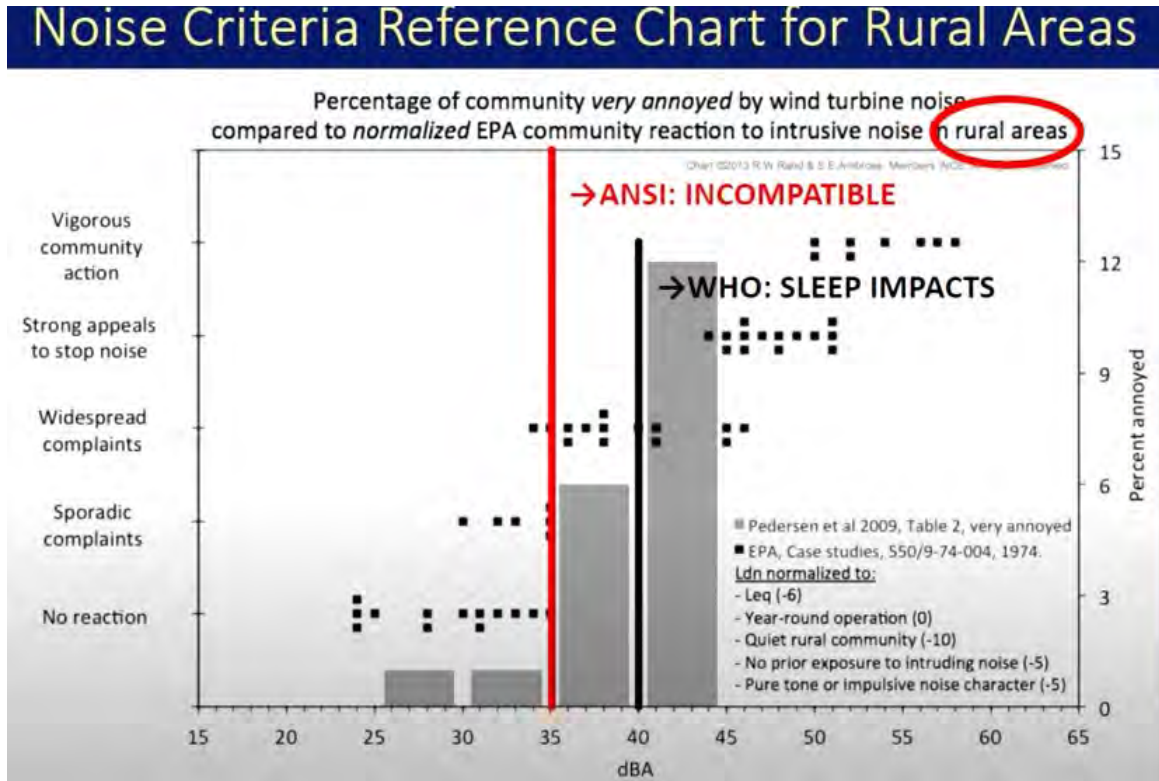


Figure 7: Schéma reproduit de Robert Rand, pour agrandir le schéma se référer au document pdf

(ANSI/ American Noise Standard Institute)WHO: Sleep Impacts/ OMS: impacts sur le sommeil)

N.B. Bien que différent de l'émergence, il faut souligner également l'écart sonore de la modulation d'amplitude (AM). L'écart entre les pics et creux de la fluctuation périodique quand la pale passe devant le mât , peut être présente dans le spectre audible et inaudible et varier de 3-10 dB.

Selon les études, l'écart est plus important dans le spectre inaudible et se propage sur des distances plus grandes pouvant amener du dérangement et des perturbations du sommeil^{155,156}. Sans voir ni entendre l'éolienne, une fluctuation de 3 dB dans le spectre inaudible peut être perceptible et ressenti selon la sensibilité auditive des personnes¹⁵⁷.

¹⁵⁵ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2019

¹⁵⁶ [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), Hansen & als, 2022

¹⁵⁷ [Infrasound and Low-Frequency Noise from Wind Turbines](#), Hansen & Zajamsek, 2015

6. IMPACTS SUR LA SANTÉ HUMAINE

Selon ce que l'on a vu précédemment, un parc éolien peut être conforme à la norme de limite de bruit mesuré en pondération A, mais peut néanmoins susciter des plaintes chez la population riveraine dû aux impacts visuels (effet stroboscopique des ombres mouvantes/balisage nocturne) combinés aux émissions sonores inaudibles (ISBF/infrasons/basses fréquences) et la modulation d'amplitude (AM), des caractéristiques acoustiques spécifiques aux éoliennes. **Le dérangement et les perturbations du sommeil** sont les nuisances principales associées aux parcs éoliens¹⁵⁸.

« Dans les résidences situées jusqu'à 3,5 km du parc éolien, le bruit ambiant audible a été observé jusqu'à 22 % du temps la nuit. Ceci a des implications importantes sur les perturbations possibles du sommeil dues au bruit ambiant du parc éolien¹⁵⁹. »

L'absence de normes adéquates pour ces caractéristiques spécifiques des nouvelles technologies et les risques pour la santé humaine sont soulevés dans plusieurs pays^{160, 161, 162, 163}.

N.B. : Pour les normes en vigueur au Québec, veuillez-vous référer à la section 7.

« Les éoliennes constituent une source de bruit spécifique qui affecte de vastes zones. Le bruit émis par les éoliennes ne ressemble pas au bruit industriel ordinaire. Il présente des caractéristiques acoustiques uniques, telles qu'une dominance spectrale du bruit de basses fréquences (LFN), incluant les infrasons, ainsi qu'une modulation d'amplitude (AM) et une tonalité. En particulier, les infrasons générés par l'interaction pale-pylône sont une source majeure de controverse en raison des incertitudes quant à leurs effets négatifs sur l'homme. Avec le développement de l'énergie éolienne, il a été suggéré que les bruits de basses fréquences(LFN), en particulier les infrasons, soient responsables d'effets néfastes sur la santé des personnes vivant à proximité des parcs éoliens. »¹⁶⁴

¹⁵⁸ [Outdoor to indoor reduction of wind farm noise for rural residences](#), Hansen & als 2015

¹⁵⁹ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2019

¹⁶⁰ [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise 2022](#), Nguyen & als, 2022, pdf version complète voir annexe F

¹⁶¹ [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), Hansen & als, 2019

¹⁶² [Wind turbine low frequency and infrasound propagation and sound pressure level calculations at dwellings](#), Keith & als, 2018

¹⁶³ [Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development](#), Hansen als, 2021

¹⁶⁴ [Should Limit Values Be Set For Infrasound Caused By Wind Turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczczyńska & als, 2025

La nécessité de prendre en compte la modulation d'amplitude et les basses fréquences est confirmé au niveau international^{165, 166, 167, 168}.

Cependant, ni le Ministère de l'Environnement/MELCCFP, ni un bon nombre d'élu.e.s des différentes MRC ne semblent tenir compte des études scientifiques disponibles.

Parmi les craintes de la population, en plus des impacts visuels et sonores, mentionnons aussi la projection de glace sur de grandes distances et les dangers en milieu habité et agricole.

N.B. Selon Windturbine Magazine, on spécifie « *Par vent fort, les éoliennes dotées de pales lourdes peuvent atteindre 290 km/h ! Des éoliennes légèrement plus petites peuvent atteindre 161 km/h*¹⁶⁹. » Cependant il n'est pas mentionné, s'il s'agit d'éoliennes en mer ou terrestres. La vitesse des éoliennes terrestres est moindre, mais quand même très élevée pour des éoliennes de grande taille. Cependant, il faut mentionner qu'Hydro Québec exige dans ses appels d'offres que les éoliennes soient équipées d'un système de dégivrage.

Tel que citée, les risques d'imprécisions pour les prédictions sonores sont élevés, particulièrement sur des distances plus longues^{170 171}.

Il est important de mentionner la grande variabilité de la sensibilité au bruit éolien et des différents symptômes parmi la population, mais aussi entre les résidents partageant la même habitation. Ceci pourrait expliquer les preuves limitées concernant certains symptômes dans les milieux avec une densité de population plus faible.

Pour les personnes sensibles aux basses fréquences et infrasons, une augmentation des symptômes au fil du temps a été observée^{172,173}.

Un certain nombre de personnes vont souffrir d'un effet cumulatif « sensitization » /sensibilisation tel que documenté dans la revue de littérature Recent Advances in Windturbine Noise Research (2020) chapitre 6 : un effet d'accoutumance comme pour d'autres sources de bruit n'a pas lieu, leur état s'aggrave¹⁷⁴.

¹⁶⁵ WSP [Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), 2023

¹⁶⁶ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper Chan, 2020

¹⁶⁷ [Should Limit Values Be Set For Infrasound Caused By Wind Turbines?](#) Pawlaczyk-Luszczynska & als, 2025

¹⁶⁸ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper Chan, 2020

¹⁶⁹ [How Fast do Wind Turbines Spin?](#) Written by Edward Ravis

¹⁷⁰ [Outdoor to indoor reduction of wind farm noise for rural residences](#), Hansen & als 2015

¹⁷¹ [Multi-input model uncertainty analysis for long-range wind farm noise predictions](#), Nguyen & als, 2023, pdf version complete annexe I

¹⁷² [Startle Reflex and Sensitisation](#), Laurie & als, 2017

¹⁷³ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research, Hansen & Hansen, 2020](#)

¹⁷⁴ [The Results of an Acoustic Field-Testing Program, Cape Bridgewater Wind Farm](#); Cooper Technical Report, 2014

Les impacts possibles, selon les études recensées :

- **Le dérangement /gêne/nuisance:** est un effet néfaste sur la santé^{175,176,177}. »
- **Les effets des troubles du sommeil reliés au bruit sur la santé :**
- World Health Organization Night noise guidelines for Europe/2009. Fig 4.3¹⁷⁸
- dépendant de la distance séparatrice et la propagation selon une étude épidémiologique¹⁷⁹.
- la prise de somnifères et antidépresseurs selon une étude nationale danoise préliminaire récente (2019)¹⁸⁰
- les hormones de stress et le système nerveux sympathique
- **Les effets des composantes sonores inaudibles : Infrasons/basses fréquences /modulation d'amplitude**
- Impacts sur certaines composantes de la microcirculation et du système cardiovasculaire^{181,182}
183. »
- impacts sur le système nerveux central : stress, changements de l'activité de certaines zones cérébrales, détectables par électro encéphalogramme (EEG), sensibilisation avec exposition prolongée^{184, 185}.
- **Explication des voies de transmission non auditives**¹⁸⁶ et certains symptômes du syndrome éolien¹⁸⁷. »

Dans les sections qui suivent, nous allons vous présenter les faits saillants du récent rapport de l'Institut de Santé publique du Québec (2023) ainsi de l'étude de Santé Canada, suivi par la présentation de diverses études par des experts et chercheurs et leurs contributions respectives dans le but d'une meilleure compréhension des risques sanitaires possibles.

¹⁷⁵ [Conseil des académies canadiennes | CAC | Compréhension des données : Bruit des éoliennes](#), à jour 2015

¹⁷⁶ [INSPQ Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#) pdf, p, 2-86

¹⁷⁷ [Gouvernement du Canada Étude sur le bruit des éoliennes et la santé](#) : pdf, 2014

¹⁷⁸ OMS [Night noise guidelines for Europe](#)

¹⁷⁹ [Epidemiological Study on Long-Term Health Effects of Wind Turbine Noise in Japan](#), Ishitake, 2018

¹⁸⁰ [Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study](#), Poulsen & als, 2019

¹⁸¹ [Conférence avec Mariana Ales-Pereira - Pour un choix éclairé dans Nicolet-Yamaska](#)

¹⁸² [Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction](#), Bellut-Staeck, 2023

¹⁸³ [Vibroacoustic Disease: More Than a Hearing Problem](#), Bart, 2019

¹⁸⁴ [Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold - Evidence from fMRI](#), Weichenberger & als, 2017

¹⁸⁵ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020

¹⁸⁶ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), pdf p.47-50, 2023

¹⁸⁷ [How Does Wind Turbine Noise Affect People?](#) – Alec N. Salt and Jeffrey T. Lichtenhan

6.1 AU QUÉBEC

Selon le rapport de l'Institut National de Santé Publique du Québec (INSPQ) intitulé « *Éoliennes et santé publique: mise à jour 2023* »¹⁸⁸, on note les conclusions et les faits saillants suivants:

« Les publications retenues montrent **qu'une proportion importante des personnes exposées rapporte être fortement dérangée par le bruit** des éoliennes. » p.86

« Les principales sources **d'effets néfastes sur la santé** (dérangement et nuisance à la qualité de vie) sont le **bruit, l'impact visuel, les ombres mouvantes et les lumières clignotantes.** »
p. 2

« Il existe une association entre le niveau d'exposition au bruit des éoliennes et le fort dérangement. Le **critère de 10 %** des personnes fortement dérangées par le bruit des éoliennes¹⁸⁹ semble atteint à des niveaux de bruit un peu plus faibles que celui recommandé conditionnellement par l'Organisation mondiale de la Santé (**45 décibels [dB] L_{den}**)¹⁹⁰. » p. 1

« À des niveaux d'exposition équivalents, le **dérangement associé au bruit des éoliennes est généralement plus élevé** que le dérangement associé à d'autres sources de bruit fixes industrielles ou de bruit des transports (Haac et al., 2019; Janssen et al., 2011; Michaud et al., 2016d). » p. 86

« La proportion des **personnes fortement dérangées varie cependant de manière importante** entre les populations. Par exemple, pour un niveau d'exposition entre environ 40 et 45 dB L_{den}, la **prévalence du fort dérangement se situerait entre 10 et 25,2 %.** » p. 86

« Bien que le dérangement et les perturbations du **sommeil** demeurent les effets potentiels sur la santé qui ont été les plus étudiés, d'autres issues de santé ont aussi été analysées : **effets sur la qualité de vie, le bien-être et la santé mentale, effets cardiovasculaires, métaboliques ou issues défavorables de la grossesse.** » p. 86

« Concernant l'association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil, la qualité de vie, les effets cardiovasculaires ou les issues défavorables de la grossesse,

¹⁸⁸ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023 | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.gc.ca\)](https://inspq.gc.ca/fr/éoliennes-et-santé-publique-mise-à-jour-2023), p.2-86

¹⁸⁹ Concernant ce critère, on note dans le rapport de l'INSPQ⁷ que « L'OMS concluait que le risque absolu d'être fortement dérangée à l'extérieur des résidences pour les populations exposées à un tel niveau de bruit serait de 10 %, même si la qualité de la preuve demeurerait faible. »

¹⁹⁰ Valeur guide de 45 dBA L_{den} recommandée conditionnellement par l'OMS

les preuves sont toujours limitées. » [...] « Ces résultats doivent cependant être interprétés avec prudence, en raison de la nature des devis utilisés et des limites propres à chaque étude, mais également en raison du faible nombre de cas dans les catégories d'exposition les plus élevées pour l'ensemble des effets de santé analysés¹⁹¹. » pp. 83 et 86

N.B. Définition preuves limitées : *« une relation entre l'exposition au bruit et l'effet sur la santé n'a pu être observée directement, mais il y a des preuves disponibles de bonne qualité qui soutiennent une relation causale. La preuve indirecte est abondante, faisant le lien entre l'exposition au bruit et un effet intermédiaire de changements physiologiques lesquels entraînent les effets délétères à la santé¹⁹². » « En plus de varier en fonction des niveaux d'exposition propres à chaque source, **les effets sont également modulés par des facteurs personnels, sociaux ou d'autre nature** (sensibilité à la source, présence d'un bénéfice financier direct, perception des risques, etc.). » p. 86*

- Le rapport mentionne un manque de données probantes au sujet des **champs électromagnétiques et de leurs effets sur la santé, mais avise néanmoins de certains risques**.p.101/102

N.B. Cependant, la documentation du cours *Health effects of electromagnetism* de Paul Héroux, PhD, Faculty of Medicine, McGill University pdf January 2023, fournit d'avantage d'explications à ce sujet.¹⁹³.

Dans sa conclusion, l'Institut constate:

« ...l'analyse des écrits scientifiques ne permet pas de déterminer une distance uniforme qui serait sécuritaire entre les éoliennes et les résidences indépendamment du projet du parc éolien¹⁹⁴. »

Après analyse du rapport de l'INSPQ, il convient de mentionner les lacunes suivantes:

¹⁹¹ « Les études effectuées à partir de registres de santé disposent généralement de vastes échantillons avec des informations presque complètes et de hautes qualités, mais n'ont pas toujours les données nécessaires pour prendre en compte l'ensemble des facteurs codéterminants des issues de santé étudiées. » [page 83 du rapport \(INSPQ 2023\)](#),pdf

Par exemple, un nombre limité des participants en région rurale ne permettant pas de faire une association statistiquement significative.

¹⁹² [Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#), pdf p.12

¹⁹³ [Health Effects of ElectroMagnetism 2023](#), Paul Héroux, PhD, pdf, 2023

¹⁹⁴ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023 | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#), pdf, p.116

- Les données des études citées dans le rapport sont basées sur des technologies anciennes de 3 MW. Actuellement, les futurs projets éoliens prévoient des éoliennes d'une capacité de 6-7 MW¹⁹⁵.
- Il y a un petit nombre de participants en région rurale, ce qui rend difficile d'étudier l'association entre l'exposition au bruit des éoliennes et les perturbations du sommeil, la qualité de vie, les effets cardiovasculaires ou les issues défavorables de la grossesse¹⁹⁶. Il est noté : « *seule une petite proportion des cas était fortement exposée au bruit des éoliennes. C'est donc dire que l'échantillon dans les catégories de bruit les plus élevées était considérablement réduit.* »
- Il semblait difficile d'obtenir des données totalement impartiales ou totalement indépendantes. En effet, l'INSPQ déclare au bas de la page 17 de leur rapport (note 1) que : « *Des exceptions ont été faites concernant le financement non indépendant pour les thématiques des ombres mouvantes et des champs électromagnétiques, car ces domaines de recherche sont majoritairement financés par l'industrie. Pour le bruit environnemental, le financement non indépendant ou inconnu n'était pas non plus un critère d'exclusion automatique, car plusieurs études pertinentes et de qualité semblaient réalisées grâce à un financement partiellement non indépendant dans le cadre de partenariats gouvernementaux ou universitaires. À l'inverse, l'absence de mention de la source de financement a été utilisée comme critère d'exclusion pour la thématique des effets sociaux et communautaires et acceptabilité sociale afin de gérer l'abondance des documents à traiter dans un court laps de temps.* »
- Concernant les critères d'inclusion et d'exclusion des études retenues, l'Institut souligne les limites à la généralisation des constats (p.17):
- « **Les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour certaines thématiques ont pu évincer des études pertinentes**, notamment l'exclusion d'études en laboratoire et d'études exploratrices pour la thématique du bruit. »

N.B.: Depuis 2024, l'INSPQ a publié une nouvelle page web intitulée, « Bruit des éoliennes: informations supplémentaires¹⁹⁷ », dans le but de vulgariser le contenu des rapports de l'INSPQ sur le bruit des

¹⁹⁵ [Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens](#), ANSES, 2017

¹⁹⁶ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023 | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#), pdf, p.163

¹⁹⁷ [Bruit des éoliennes : informations supplémentaires | Institut national de santé publique du Québec](#), janvier 2025

éoliennes et de s'adresser à l'ensemble des personnes qui souhaitent en apprendre davantage sur le sujet. **Cependant, l'information semble toujours limitée :**

- Les informations et sources de la nouvelle page web de l'INSPQ⁷⁹ se réfèrent encore aux technologies anciennes (3 MW ou moins), et ne sont pas représentatives des modèles d'éoliennes proposées.
- L'argument de l'effet nocebo avancé par l'industrie n'est plus valable¹⁹⁸. L'étude citée est contredite par les résultats de recherches effectués par les chercheurs indépendants, notamment l'acousticien Steven Cooper(2016) section 6.7.3¹⁹⁹.
- Concernant la référence au sujet du traitement des plaintes²⁰⁰. NI 98-01 citée sur la page web auquel on réfère, on y mentionne les nuisances, en pondération A, qui sous-estime les caractéristiques particulières des éoliennes modernes, Il n'est pas clair de quelle façon le MELCCFP va procéder avec le traitement des plaintes se référant aux composantes sonores inaudibles ou visuelles (ombres mouvantes et lumières clignotantes) et qualité de vie.
- Peu d'attention est prêtée aux caractéristiques spécifiques du bruit des éoliennes, de leurs composantes inaudibles et de leurs liens avec certains impacts sur la santé malgré l'existence de documentation abondante²⁰¹.

Cependant, en terminant, l'INSPQ avise sur la nécessité d'acquérir davantage de connaissances au sujet des impacts éventuels sur la santé: « ***Dans l'ensemble, les études disponibles demeurent peu nombreuses et ont parfois des limites méthodologiques importantes. D'autres études sont nécessaires avant de pouvoir conclure à la présence ou à l'absence d'association avec ces effets sur la santé.*** »

6.2 AU CANADA

Selon ce qu'on a pu voir dans le passé en Ontario, les dossiers gouvernementaux obtenus à la suite de demandes d'accès à l'information ont révélé que le ministère de l'Environnement a reçu plus de 5 800 rapports d'incidents/plaintes liés aux éoliennes industrielles pour la période comprise entre 2006 et 2018^{202,203,204}.

¹⁹⁸ [Health complaints and wind turbines: The efficacy of explaining the nocebo response to reduce symptom reporting](#), Crichton & als, 2015

¹⁹⁹ [The Inaudible Soundscape of a Wind farm Euronoise2018 Proceedings](#), Cooper

²⁰⁰ [Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent](#), 2006

²⁰¹ [Infrasound and Low-Frequency Noise from Wind Turbines](#), Hansen & Hansen, 2015

²⁰² [Wind Turbine Incident/Complaint Reports in Ontario, Canada: A Review—Why Are They Important?](#) Krogh als, 2021

²⁰³ [Wind turbine noise complaints unheeded in Ontario](#), 2021

²⁰⁴ [Wind turbines: Vacated/abandoned homes study](#), 2024

Les plaintes réfèrent aux nuisances par le bruit, les vibrations, la pression acoustique, les impacts visuels, les perturbations du sommeil et la qualité de vie.

6.2.1 Étude de Santé Canada

Dans le but d'évaluer les répercussions du bruit des éoliennes sur la santé, Santé Canada a effectué des études entre 2014 et 2016, « *Étude sur le bruit des éoliennes et la santé* » dans des communautés du sud de l'Ontario et de l'Île-du-Prince-Édouard²⁰⁵.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes : À noter que le terme « *annoyance* » est ici traduit par le mot dérangement, mais peut signifier « nuisance ».

- Selon les résultats obtenus, il existe un lien potentiel entre une **gêne (nuisance/désagrément) élevée à long terme et la santé.** »
- Le désagrément ou nuisance se définit comme une réaction de longue durée (12 mois et plus) consistant à être très ou fortement incommodé. **Le lien entre le bruit provenant des éoliennes et le désagrément pour la collectivité est une mesure plus forte qu'aucun autre élément autodéclaré par un participant, y compris les plaintes et les troubles du sommeil autodéclarés.** Cependant, il faut considérer que les participants qui jouissent d'un bénéfice financier sont liées par une clause de confidentialité et que l'étude exclut les enfants et les moins de 18 ans.
- **Le désagrément a un effet néfaste sur la santé selon les chercheurs.**

Les facteurs du dérangement par les éoliennes sont: le bruit, les vibrations, le clignotement des lumières, l'effet stroboscopique et les impacts visuels causés par les éoliennes.

Les résultats sur la santé mesurés objectivement étaient statistiquement liés et correspondaient aux résultats autodéclarés par les répondants; les résultats soutiennent l'existence d'un lien potentiel entre un désagrément élevé à long terme et la santé²⁰⁶.

²⁰⁵ https://publications.gc.ca/site/archivee-archived.html?url=https://publications.gc.ca/collections/collection_2014/sc-hc/H129-46-2014-fra.pdf

²⁰⁶ [The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations – PM C](#)

- Une augmentation statistiquement significative du dérangement a été observée lorsque le bruit des éoliennes dépassait 35 dBA. Le sommeil commencerait à être altéré à partir de 35 dB.
- On peut détecter la fréquence des éoliennes jusqu'à une distance de 2,5 km²⁰⁷. Parfois, celles-ci pouvaient être mesurées à des distances allant jusqu'à 10 km, mais étaient dans de nombreux cas inférieures au niveau d'infrasons de fond.

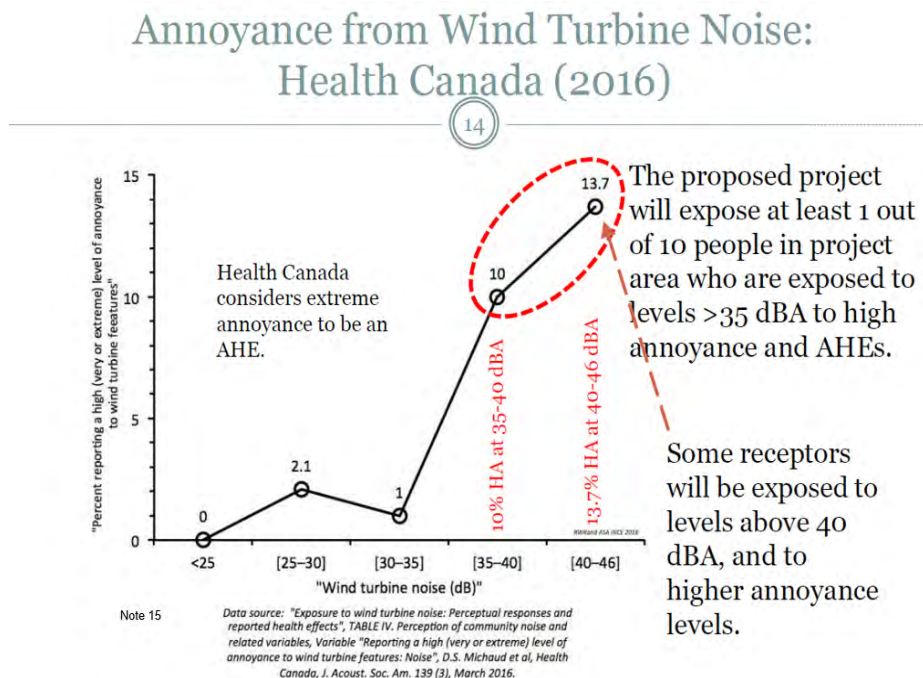


Figure 3: [SLG EX 18- Jerry L. Punch, Ph.D.- Wind Turbine Noise- Annoyance and Health](#)²⁰⁸ p.14
 Pour agrandir le schéma, se référer au document pdf
 Santé Canada Pourcentages population affectée par des nuisances sonores

- En présence d'un niveau de bruit de 35-40 dBA, 10 % de la population déclaraient être fortement dérangés; mais en présence d'une exposition de 40-46 dBA, ce pourcentage s'élevait à 14%.

N.B. Le changement de % de HA (High Annoyance /fort désagrément) représente un indicateur de l'impact du bruit sur la santé (Santé Canada, 2008). On estime que la variation du pourcentage de personnes très incommodées par le bruit (% HAn) est l'un des ultimes paramètres de santé dans le cadre

²⁰⁷ <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-et-risque-pour-sante/radiation/sources-rayonnements-quotidien/bruit-eoliennes/introduction-sujet-bruit-sante-environnement-milieu-travail.html>

²⁰⁸ <https://mccleancountyil.gov>, SLG EX 18- Jerry L. Punch, Ph.D.- Wind Turbine Noise- Annoyance and Health.pdf, p.14

d'une évaluation environnementale. Cependant, il faut mentionner que cet indicateur était utilisé à l'origine pour d'autres sources de bruit environnementales que l'éolien.

« Le fait de considérer la nuisance par le bruit comme un effet probable sur la santé concorde avec la définition de la santé (% de fort désagrément). À long terme, ce paramètre est plus pratique que l'utilisation des plaintes relatives au bruit. La question de la nuisance par le bruit tend à confirmer l'utilisation de ce paramètre comme effet indésirable sur la santé dans le cadre des évaluations environnementales au Canada²⁰⁹. »

Pour la collectivité, le désagrément lié au bruit des éoliennes commence à un niveau plus bas et augmente plus rapidement que le bruit provenant d'autres sources, comme le bruit routier, le bruit ferroviaire et le bruit des avions.

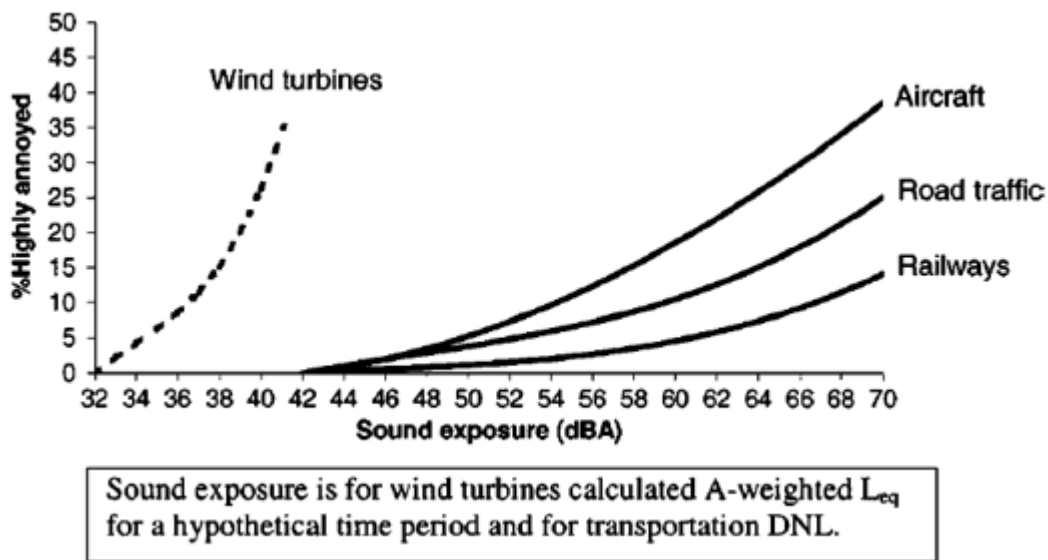


Figure 4: Perception and annoyance due to wind turbine noise—à dose–response relationship, Eja Pedersen and Kerstin Persson Waye²¹⁰ page 9

- On reconnaît la différence entre les mesures prises à extérieures et à l'intérieur des résidences²¹¹ : (Écart entre le niveau de pression acoustique à l'intérieur et l'extérieur des maisons).

« Bien que la structure d'un bâtiment fasse obstacle aux ondes sonores et en réduise l'intensité, les gens sont souvent affectés par les bruits de l'extérieur qu'ils peuvent entendre dans leur domicile. Ils le sont particulièrement par les bruits qui nuisent à leur sommeil. Une source de

²⁰⁹ Santé Canada Guidance for Evaluating Human Health Impacts in Environmental Assessment: NOISE, pdf, 2017

²¹⁰ https://docs.wind-watch.org/pedersen2004_Perception_and_annoyance_due_to_wind_turbine_noise—a_dose–response_relationship.pdf, p.9

²¹¹ <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-et-risque-pour-sante/radiation/sources-rayonnements-quotidien/bruit-eoliennes/introduction-sujet-bruit-sante-environnement-milieu-travail.html>

haute fréquence (plusieurs cycles par seconde) produit des ondes sonores relativement petites par rapport à une source de basses fréquences. Les structures (p. ex., les murs et le toit des maisons) arrêtent plus facilement ces ondes sonores courtes que les sons de basses fréquences (aux ondes longues) qui, généralement, peuvent les traverser plus facilement et se propager sur de plus grandes distances. »

En 2018, en réponse à cette étude de Santé Canada, un regroupement de chercheurs a publié l'étude « **Health Canada's Wind Turbine Noise and Health Study—A Review Exploring Research Challenges, Methods, Limitations and Uncertainties of Some of the Findings** » critiquant certains aspects de la conception, de la méthodologie et des conclusions²¹².

Les chercheurs relèvent la présence de faiblesses méthodologiques (conception, interprétation des résultats) et émettent certaines mises en garde concernant les conclusions de l'étude, et invitent à la prudence dans l'interprétation de ses résultats. Ceux-ci doivent être envisagés dans le contexte de l'ensemble des publications scientifiques sur le sujet évalué par des pairs.

Santé Canada avait d'ailleurs déclaré : « *Ces résultats ne peuvent pas être généralisés aux régions ne faisant pas partie de l'échantillon, car les lieux étudiés n'ont pas été choisis au hasard parmi les différents lieux possibles au Canada. Ils ne permettent pas d'établir de conclusion concernant la causalité.* »

À noter que le texte intégral en anglais de cet article ainsi que la version traduite en français se trouve à [l'Annexe 1 /PCENY](#)²¹³. « *Étude sur le bruit et la santé des éoliennes de Santé Canada. Un examen explorant les défis de recherche, les méthodes, les limites et les incertitudes de certaines des conclusions.* »

6.2.2 Application des critères de causalité de Bradford Hill (2021, Dumbrille et als)

L'objectif de cette étude était de déterminer si le bruit des éoliennes cause des effets néfastes sur la santé (AHE) à l'aide des neuf critères de causalité de Bradford Hill.

En l'absence de moyens directs pour évaluer la causalité par l'expérience, les auteurs de l'étude, dont deux anciens collaborateurs de Santé Canada, ont effectué une méta-analyse faisant appel aux critères

²¹² <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=89289>, L'article s'intitule *Health Canada's Wind Turbine Noise and Health Study—A Review Exploring Research Challenges, Methods, Limitations and Uncertainties of Some of the Findings*.

²¹³ [annexes 1 2 3 4 5 PCENY - Santé et éoliennes Recension des connaissances v1.6. 2024 pdf via PCNEY](#)

élaborés par le statisticien anglais Austin Bradford Hill pour attribuer la causalité. Ils ont appliqué ces critères aux effets nocifs présumés sur la santé associée au bruit des parcs éoliens et ont conclu que les neuf étaient respectés²¹⁴.

Ces neuf critères (la force de l'association, la cohérence, la spécificité, la séquence temporelle, le gradient biologique, la plausibilité, la cohérence, les preuves expérimentales et les preuves analogues) ont été appliqués à l'exposition aux éoliennes industrielles. Il est fait mention d'effets néfastes sur la santé dans d'autres publications publiées et évaluées par des pairs qui décrivent des études cliniques, animales et en laboratoire, des témoignages et des expériences rapportées, ainsi que des sources Internet. Les auteurs arrivent à la conclusion que « *les neuf critères sont satisfaits, ce qui corrobore un lien de causalité entre l'exposition aux éoliennes industrielles (IWT) et les effets néfastes sur la santé.* » « *Vivre ou travailler à proximité d'éoliennes industrielles augmente le risque d'effets néfastes sur la santé, pour les humains et les animaux.* » « *Ces conclusions ont des implications cliniques, scientifiques et sociales importantes, et doivent être prises en compte avant l'approbation de projets éoliens, notamment pour déterminer les distances de recul adéquates.* »

Le texte intégral de cette étude se trouve à l'[Annexe 2 PCENY](#)²¹⁵.

6.2.3 Effets indésirables des éoliennes industrielles sur la santé

L'étude « *Effets indésirables des éoliennes industrielles sur la santé, 2013* »²¹⁶ : (Canadian Family Physician May 2013), a déjà avisé les médecins de famille depuis 2013, des effets potentiels des éoliennes sur la population rurale, dû à de nombreuses plaintes documentées:

« *Les médecins de famille devraient être conscients que les patients qui signalent des effets indésirables des éoliennes industrielles peuvent éprouver des symptômes qui sont intenses et envahissants et pourraient se sentir encore plus victimisés si leurs professionnels de la santé ne les comprennent pas.* »

« **Les rapports d'incidents et plaintes au ministère de l'environnement ontarien évoquent des effets sur la santé tels que des maux de tête, des troubles du sommeil, des désagréments et des bourdonnements ou des sensations de pression dans la tête et les oreilles. Des effets sur la santé ont été signalés à de nombreuses reprises, y compris chez les enfants.** »²¹⁷ »

²¹⁴ [Wind turbines and adverse health effects: Applying Bradford Hill's criteria for causation](#), Dumbrille & als, pdf, 2021

²¹⁵ [annexes 1 2 3 4 5 PCENY - Santé et éoliennes Recension des connaissances v1.6.2024, pdf via PCENY](#)

²¹⁶ [Effets indésirables sur la santé des éoliennes industrielles | The College of Family Physicians of Canada \(cfc.ca\)](#), 2013

²¹⁷ [Wind Turbine Incident/Complaint Reports in Ontario, Canada: A Review-Why Are They Important](#), 2019

N.B. Référence expliquant la sensibilité particulière des enfants aux bruits²¹⁸.

6.3. AILLEURS DANS LE MONDE - CE QUE LES EXPERTS EN DISENT:

Ailleurs dans le monde, de nombreuses études indépendantes dirigées par des chercheurs acousticiens, audiologistes et médecins ont permis d'évaluer les impacts des éoliennes sur la santé. Lors de notre recension de la littérature scientifique, nous avons été en mesure de recueillir des études indépendantes, des revues par les pairs ainsi que des méta-analyses portant sur l'impact des éoliennes sur la santé. La section qui suit présente un résumé des effets indésirables connus.

6.3.1 Émergence de nouveaux termes médicaux

De nombreuses études et ouvrages en lien avec le bruit des éoliennes rapportent des effets indésirables sur la santé. Certaines de leurs symptomatologies, même si elles n'ont pas été intégrées dans les manuels diagnostiques médicaux, ont donné lieu à plusieurs recherches qui ont permis de documenter et expliquer les mécanismes des effets associés. En outre, le **syndrome éolien** (WTS: *Wind Turbine Syndrome*), comme documenté par D^{re} Nina Pierpont, dans un livre paru en 2010, inclut les dix symptômes suivants^{219, 220}.

- Trouble du sommeil
- Maux de tête
- Perturbation Vibration Vestibulaire Viscérale (VVVD: *Visceral Vibratory Vestibular Disturbance*)
- Étourdissements, vertiges, problème d'équilibre
- Acouphènes (tintement dans les oreilles)
- Sensation d'augmentation de la pression ou douleur à l'intérieur de l'oreille
- Sensation dans le canal auditif externe
- Problème de concentration et de mémoire
- Irritabilité et colère
- Fatigue et perte de motivation

Malgré les dénégations vigoureuses de l'industrie éolienne, les recherches récentes corroborent la présence du « syndrome éolien » de la D^{re} Nina Pierpont. Colby et collaborateurs ont mené un examen

²¹⁸ [InterNoise 2024-Keynote Lecture # 4 by Kerstin Persson Waye: A Child Perspective on Noise Exposure and Health Effects-Challenge and Strategies](#), 2024

²¹⁹ <https://ninapierpont.com/>, Nina Pierpont, MD, PhD | Behavioral Pediatrics & Adult Psychiatry and psychotherapy

²²⁰ <https://www.windturbinesyndrome.com/wind-turbine-syndrome>: *Wind Turbine Syndrome: A Report on a Natural Experiment – Softcover* by Nina Pierpont, MD, PhD

par un groupe d'experts pour le compte de l'**American Wind Energy Association** et de l'**Association Canadienne de l'Énergie éolienne** et a déterminé que les symptômes du « syndrome des éoliennes » décrits par Pierpont 2009 ne sont pas nouveaux, ont été publiés précédemment dans le contexte de la « nuisance » et sont les « effets de stress bien connus liés à l'exposition au bruit ²²¹. »

D'ailleurs, en 2021, un jugement de la Cour d'appel de Toulouse a reconnu le **syndrome éolien**²²². Selon la cour, les éoliennes installées près d'habitations étaient nocives pour la santé des plaignants et constituaient un trouble anormal du voisinage. **D'autres jugements ont reconnu les impacts des nuisances sur certains riverains en France²²³ aux États-Unis²²⁴ en Australie²²⁵.**

La maladie vibro-acoustique²²⁶ (Vibroacoustic disease/VAD) est une pathologie décrite dans les études de la D^{re} Mariana Alves-Pereira, ing., acousticienne, et du D^r Castelo Branco, chirurgien pathologiste, en 2007, et initialement définie comme survenant uniquement après une exposition prolongée à des niveaux élevés d'infrasons (aviation, etc.). Elle est contestée ou discréditée par certains chercheurs. Résultant de nombreuses années de recherches sur les effets des infrasons sur les humains, un ensemble de symptômes/pathologies liés à une exposition chronique et prolongée ont également pu être corrélés à la présence d'infrasons provenant d'éoliennes industrielles¹⁰⁰, selon l'éditorial du « *The Hearing Journal* ».

D'après la D^{re} Alves-Pereira, **les impacts sur la santé apparaissent plus rapidement depuis l'arrivée des éoliennes géantes, qui produisent une proportion plus élevée d'infrasons et basses fréquences, se propageant plus loin et amenant un effet cumulatif** ²²⁷.

Selon leurs recherches, les impacts associés sont :

- dommages tissulaires au péricarde, aux artères coronaires et système vasculaire généralisé,
- stress mental qui peut affecter tous les organes du corps selon la durée et l'intensité des expositions aux ISLFN (infrasons/basses fréquences)
- organes du système reproducteur : influence possible sur les fœtus pendant la grossesse²²⁸

²²¹ [Wind Turbine Sound and Health Effects An Expert Panel Review](#), Colby & als, 2009

²²² [Le "syndrome éolien" reconnu : "une décision fondamentale"](#), 2021 France

²²³ [Le promoteur d'un parc éolien condamné à indemniser des riverains](#), 2024 France

²²⁴ [After years of uncertainty, Falmouth wind turbines to be demolished](#), 2022 États-Unis

²²⁵ [Bald Hills wind farm ordered to stop emitting night-time noise, pay neighbours damages in landmark ruling](#), 2022 Australie

²²⁶ [Vibroacoustic Disease: More Than a Hearing Problem](#), The Hearing Journal, Bart 2019

²²⁷ [Éoliennes, infrasons et bruits de basse fréquence](#), Mariana Alves-Pereira, 2023

²²⁸ <https://pourunchoixclair.ca/2023/12/21/mariana-alves-pereira/>, PCENY entrevue

- impacts des infrasons/basses fréquences au niveau des changements tissulaires confirmés par des études sur les animaux. Cependant, il faut spécifier que dans le cadre des essais sur les animaux, des niveaux sonores plus élevés étaient utilisées sur des périodes plus courtes, différents de l'exposition des riverains.

La D^{re} Alves-Pereira mentionne que le danger des infrasons/basses fréquences est lié au fait qu'ils se situent dans le spectre inaudible **et peuvent passer inaperçu pour plusieurs**²²⁹. **De plus, l'effet est cumulatif, comparable à l'effet des rayons du spectre UV**, invisibles, mais néanmoins dommageables après une exposition prolongée et un effet cumulatif^{230,231,232}. »

6.3.2 Punch & James, 2016²³³

Parmi les chercheurs ayant accumulé beaucoup d'expérience dans ce domaine depuis de nombreuses années, on note Jerry Punch, audiologiste, professeur émérite au Michigan State University et consultant légal dans les causes reliées à la santé. En collaboration avec Richard James, ingénieur en acoustique, il a publié un article en 2016 avec une revue de littérature scientifique rigoureuse (17 pages de références) **démontrant des preuves scientifiques qui contredisent les arguments de l'industrie éolienne**: *Windturbine noise and human health: a four decade history of evidence that windturbines pose risks*²³⁴. Veuillez-vous référer à l'[Annexe 3 PCENY](#) pour cette analyse approfondie par le D^r Punch et Richard James^{235,236}. La contribution du D^r Punch comme chercheur et témoin expert en santé/consultant légal dans le but de faire reconnaître l'existence de liens entre les symptômes chez les humains et les éoliennes industrielles fait ressortir plusieurs faits :

- **comme le sommeil commencerait à être altéré partir de 35 dB, donc la recommandation de la valeur guide de l'OMS serait insuffisante pour protéger le sommeil et a santé.**
- **l'exposition au bruit d'éoliennes audible affecte la santé de façon indirecte, contrairement aux infrasons qui peuvent exercer directement une influence et causer des effets**

²²⁹ [Vibroacoustic Disease: More Than a Hearing Problem](#), The Hearing Journal, Bart 2019

²³⁰ [Is Enough Attention Paid to the Health Effects of Low-Frequency Noise in Today's Society?](#), 2022

²³¹ <https://pourunchoixclair.ca/2023/12/21/mariana-alves-pereira/>, PCENY entrevue

²³² [Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound](#), Canadian Audiologist, 2025

²³³ <https://docs.wind-watch.org/Punch-James-Wind-Turbine-Noise-16-09-30.pdf>

²³⁴ [Wind Turbine Noise and Human Health: A Four-Decade History of Evidence that Wind Turbines Pose Risks](#), Punch & James, 2016

²³⁵ [Punch & James, Wind turbine noise and human health](#), 16-09-30 pdf, page 5

²³⁶ [annexes 1 2 3 4 5 PCENY - Santé et éoliennes Recension des connaissances v1.6.2024](#), pdf via PCENY

indésirables sur la santé. Les troubles du sommeil sont impliqués dans les effets directs et indirects sur la santé.

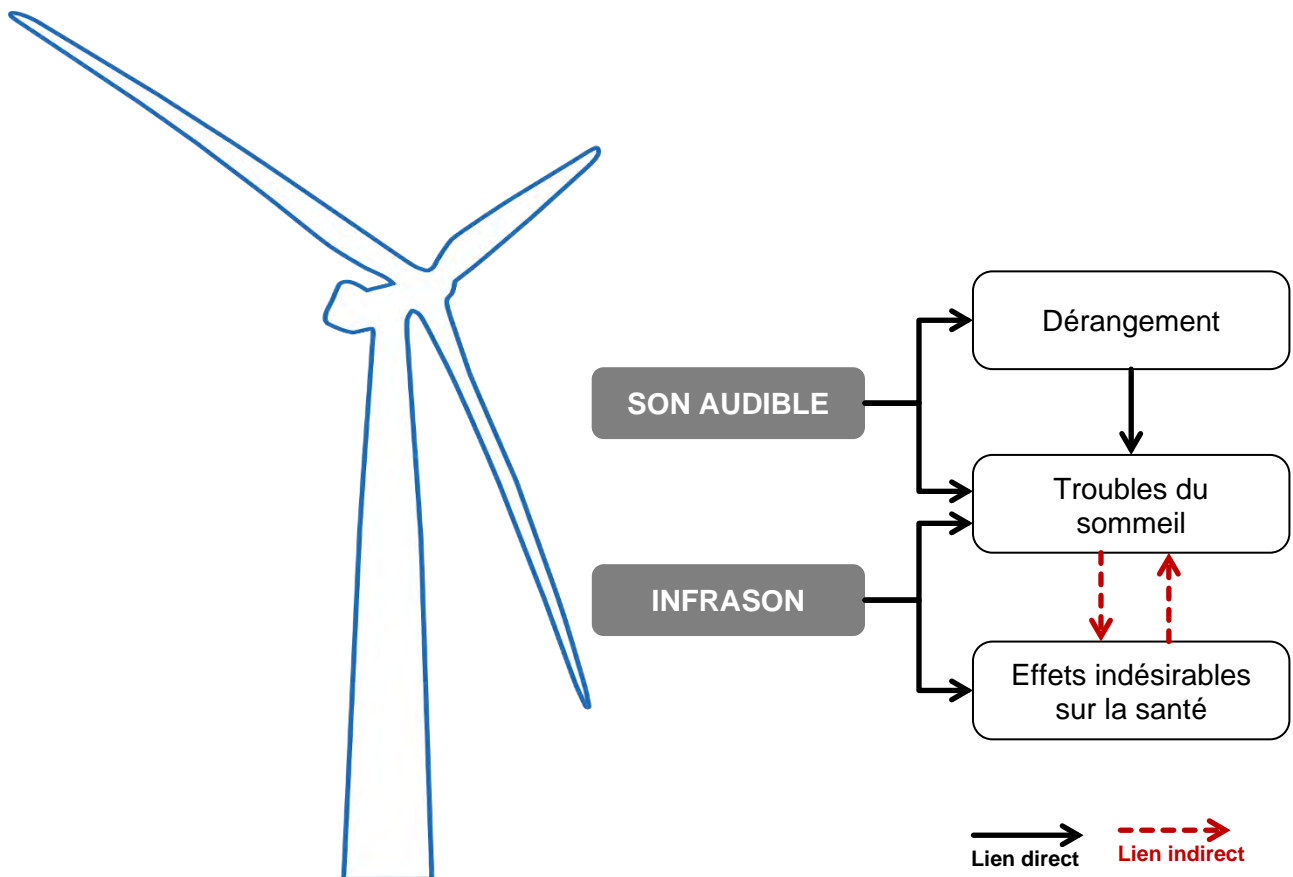


Figure 6: Schéma reproduit de Jerry Punch, [Health Impacts of Industrial Wind-D](#), Jerry Punch - YouTube, 16:44

Le schéma résume les mécanismes par lesquels la santé sera affectée par le bruit audible et l'argument de l'industrie que le bruit audible des éoliennes ne cause pas un effet direct sur la santé, tel que la surdité est effectivement vrai.

Par contre, elle pourra être affectée par le bruit audible de façon indirecte (effets physiologiques et psychologiques) par le dérangement qui, en causant des troubles de sommeil, est une voie indirecte affectant la santé et le bien-être avec une exposition chronique et prolongée.

- Comme démontré dans le schéma, ce sont les **composantes inaudibles** du bruit éolien qui causent des **effets directs sur la santé** (Adverse Health Effects/AHE) à travers le système

nerveux central et les perceptions du système vestibule-cochléaire amenant les stimuli directement au cerveau^{237,238}.

Le sommeil est un médiateur des effets directs et indirects sur la santé, causant des effets physiologiques et psychologiques²³⁹.

Une étude épidémiologique japonaise (2018) a constaté un effet prépondérant sur le sommeil selon la distance entre les éoliennes et les résidences:

*« Le taux de prévalence des troubles du sommeil était significativement plus élevé chez les résidents déclarant avoir entendu subjectivement du bruit (environ deux fois plus) que chez ceux qui ne l'avaient pas fait. De plus, le taux de prévalence des troubles du sommeil était significativement plus élevé (environ deux fois plus) chez les résidents vivant à une distance de 1 500 m de l'éolienne la plus proche que chez les résidents vivant à **une distance de 2 000 m, ce qui suggère une relation dose-réponse²⁴⁰**. »*

« De récentes recherches en laboratoire et sur le terrain ont identifié une forte modulation d'amplitude comme déclencheur de troubles du sommeil lors d'événements de stress physiologique aigu. Des augmentations soudaines de la fréquence cardiaque, rapportées, observées et objectivement enregistrées dans le cadre d'une réaction de fuite et de combat, lors d'une exposition au bruit, diurne comme nocturne, suggèrent qu'une stimulation directe du système nerveux sympathique via le réflexe de sursaut pourrait être impliquée²⁴¹. »

Les effets de perturbations du sommeil sur la santé reliée au bruit sont bien connus.

Les explications de l'OMS (2009) Night noise guidelines for Europe²³³ confirment les effets de l'axe hypothalamo-hypophysaire corticotrope sur l'équilibre physiologique et psychologique, constaté également en recherche psycho acoustique :

²³⁷ [How Does Wind Turbine Noise Affect People?](#), Alec N. Salt and Jeffrey T. Lichtenhan

²³⁸ [Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound](#), Canadian Audiologist, 2025

²³⁹ [Night noise guidelines for Europe \(Fig 4.3\)](#)

²⁴⁰ [Epidemiological Study on Long-Term Health Effects of Wind Turbine Noise in Japan](#), Ishitake, 2018

²⁴¹ [Startle Reflex and Sensitisation](#), Laurie & als, 2017

À travers des réactions physiologiques au stress (non spécifiques), le système nerveux autonome (système nerveux sympathique) et le système endocrinien (hypophyse, glandes surrénales) les effets sont associés :

- épuisement/dépression ,
- effets cardiovasculaires : éveils nocturnes reflexe de sursaut, palpitations
- système hormonal : hypophyse, glandes surrénales ,
- difficultés de concentration et de mémoire, irritabilité

Explications des réactions au bruit et au stress :

« Le système auditif analyse en permanence les informations acoustiques, qui sont filtrées et interprétées par différentes structures cérébrales corticales et sous-corticales. Le système limbique, comprenant l'hippocampe et l'amygdale, joue un rôle important dans les voies de traitement émotionnel (Spreng, 2000). Il est étroitement lié à l'hypothalamus, qui contrôle le système nerveux autonome et l'équilibre hormonal de l'organisme. Des études en laboratoire ont révélé des modifications du flux sanguin, de la tension artérielle et de la fréquence cardiaque en réaction aux stimuli sonores, ainsi qu'une augmentation de la libération d'hormones de stress notamment les catécholamines adrénaline et noradrénaline, et les corticostéroïdes. »

Explication de la vulnérabilité des groupes à risque :

« Les enfants ont un seuil d'éveil plus élevé que les adultes et sont donc souvent considérés comme moins sensibles au bruit nocturne. Cependant, pour d'autres effets, les enfants semblent être tout aussi, voire plus, réactifs que les adultes. Comme ils passent plus de temps au lit, ils sont davantage exposés au bruit nocturne. C'est pourquoi les enfants sont considérés comme un groupe à risque. Avec l'âge, la structure du sommeil se fragmente, les personnes âgées sont plus vulnérables aux perturbations. C'est également le cas des femmes enceintes et des personnes en mauvaise santé, qui constituent donc également un groupe à risque. Enfin, les travailleurs à horaire variable sont à risque car leur structure du sommeil est soumise à des contraintes liées aux adaptations de leur rythme circadien.²⁴² »

²⁴² [Night noise guidelines for Europe](#) (Fig 4.3)

Infrasons et basses fréquences:

Il est important de mentionner que la sensibilité des personnes aux infrasons/basses fréquences (IS BF) est très variable, l'effet est cumulatif, et augmente chez plusieurs personnes au fil du temps^{243,244}.

*« Les types de **symptômes vestibulaires** signalés par les individus vivant à proximité des éoliennes, y compris les vertiges, **sont similaires au mal des transports**, qui est connu pour être induit par des sources à très basse fréquence inférieure à 1 Hz – ce que les éoliennes modernes produisent. »* On indique que les composants vestibulaires de l'oreille interne semblent être au cœur du mal des transports et d'autres troubles de l'équilibre signalés par les personnes vivant à proximité des éoliennes.

Les **groupes vulnérables** affectés plus sévèrement sont les enfants, surtout les moins de 6 ans²⁴⁵, les personnes âgées, les personnes avec une condition de maladie préalable ou atteinte du mal des transports. Les personnes sourdes peuvent être affectées aussi par le bruit des éoliennes. Les observations d'autres chercheurs concernant des groupes vulnérables mentionnent des personnes atteintes du trouble du spectre de l'autisme et du trouble du stress post-traumatique²⁴⁶.

Les mécanismes de perception et conséquences des infrasons/basses fréquences passent par des récepteurs sensitifs viscéraux et par la partie vestibulaire cochléaire directement vers différentes parties du cerveau vers le lobe frontal (reliés aux situations de conflit), l'amygdale droite (reliée aux réactions de stress) et au cervelet causant des troubles d'équilibre, nausées, mal de mer/réactions vestibulaires, syndrome éolien/WTS).

Tel que mentionné précédemment, selon les experts, avec l'augmentation de la taille des éoliennes, le bruit se déplace davantage vers des fréquences de plus en plus basses, dans le spectre nauséogène²⁴⁷.

²⁴³ [Health Impacts of Industrial Wind-Dr. Jerry Punch - YouTube](#),

²⁴⁴ [The Negative Health Impact of Noise from Industrial Wind Turbines: The Evidence](#), Punch & James, 2014

²⁴⁵ [InterNoise 2024-Keynote Lecture # 4 by Kerstin Persson Wayne: A Child Perspective on Noise Exposure and Health Effects-Challenge and Strategies](#), 2024

²⁴⁶ [Startle Reflex and Sensitisation](#), Laurie & als, 2017

²⁴⁷ [Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound](#), Canadian Audiologist, 2025

Résumé des mécanismes et effets sur la santé pour les bruits audibles et inaudibles:

Bruits audibles	Bruits inaudibles :Infrasons/basses fréquences
Par la régulation du SNA (Système nerveux autonome)	Nausées, mal de mer
Sensations auditives, cortex auditif- nuisances auditives	Réactions vestibulaires
Stress	Wind turbine syndrome WTS
Insomnies/épuisement/dépression	Céphalées
Effets cardiovasculaires	Sensation de pression tête, oreilles ou poitrine
Système hormonal :hypophyse, surrénales	Tintement dans les oreilles
Difficulté de concentration et de mémoire	Sensation de lourdeur

6.3.3 L'acousticien Robert Rand

Le consultant en acoustique et ingénierie en contrôle de bruit Robert Rand, ASA, INCE, (Institute of Noise Control Engineering/ Member Emeritus) (Rand Acoustics, LLC) (2019/2024)²⁴⁸, était investigateur dans le cas d'une poursuite: Falmouth (2012). Le jugement d'arrêter les deux éoliennes, suite aux plaintes pendant sept ans, était basé sur le fait que le dépassement de la limite de 40 dBA était jugé comme étant une nuisance (ANSI/ American National Standard Institute)²⁴⁹.

Riche d'une longue expérience en contrôle de bruit industriel, Robert Rand constate plusieurs faits :

« Nous sommes confrontés à un problème de bruit majeur :

- Les éoliennes sont principalement situées dans des zones rurales calmes
- Les éoliennes sont promues sans pollution

²⁴⁸ [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand - YouTube](#), 10:45

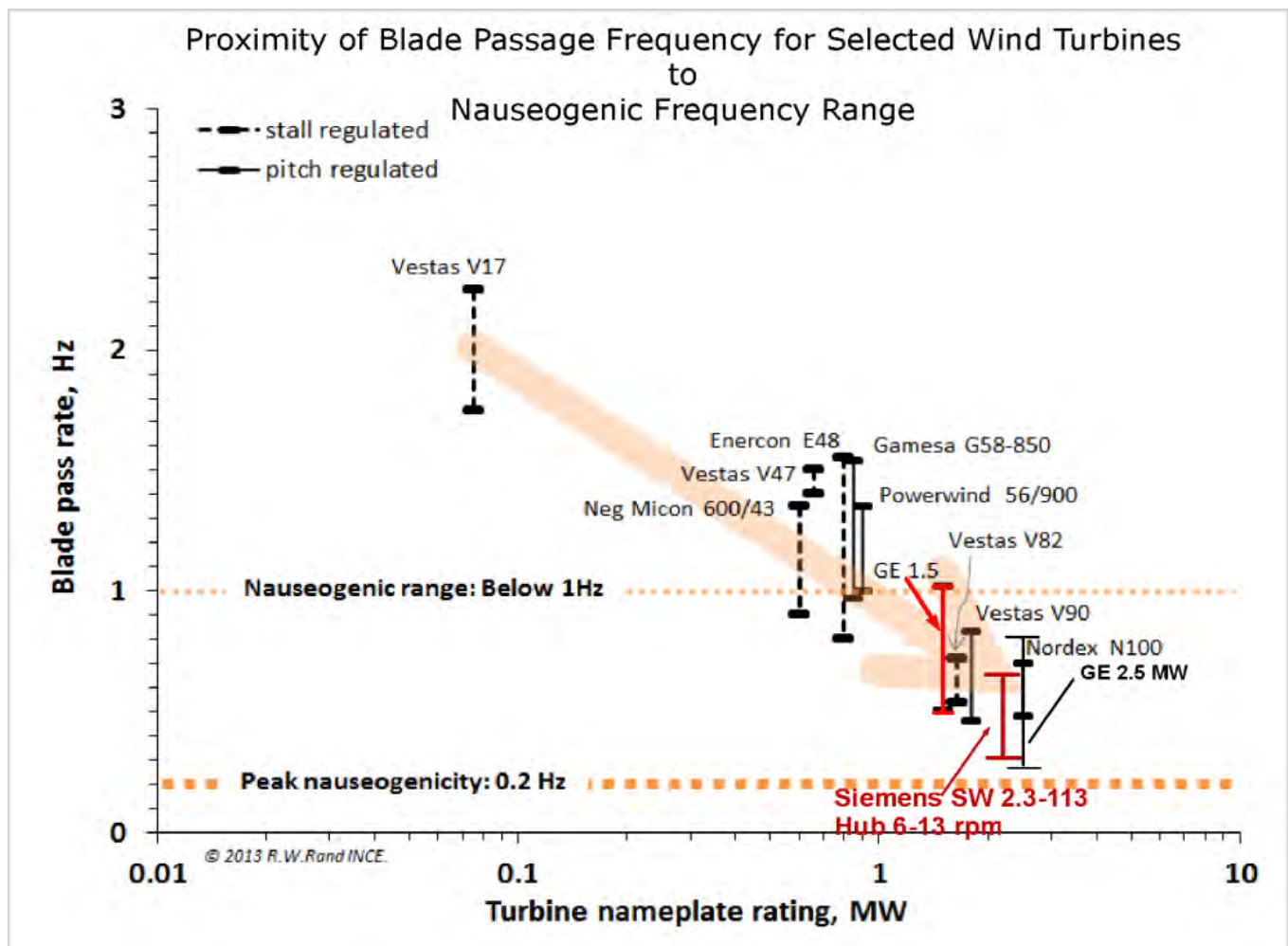
²⁴⁹ [\(PDF\) Wind Turbine Acoustic Investigation | Robert Rand - Academia.edu, Rand & als, 2012](#)

- La plupart des gens pensent que les éoliennes sont silencieuses les voisins vivant à proximité des éoliennes dans les zones rurales signalent des impacts sonores négatifs ; troubles du sommeil, maladies
- Les régulateurs évaluent les niveaux de bruit, ignorant les impacts sonores
- Les compteurs ne mesurent pas les impacts sonores »

Également, il note l'absence de marge dans les mesures: les mesures ne représentent qu'une moyenne(Leq), pour la protection du public, il serait important d'inclure les crêtes de puissance sonore maximum de l'éolienne(LAmax).

Il déplore le paradoxe, que les instances gouvernementales veulent combattre la pollution, mais sacrifient le bien-être de la population rurale et augmentent le nombre d'éoliennes qui créent une pollution sonore. Il cite d'importants effets sur la santé rapportée par du personnel médical après l'arrivée d'un parc éolien.

« Avec l'augmentation de la taille des turbines, les pulsations de pression ont descendu dans la gamme de fréquences associée au mal des transports »



De plus, il avise sur les critères d'implantation:

« *La plupart des problèmes observés dans l'implantation des éoliennes comprennent un marketing trompeur, une réglementation assouplie (parfois des années avant les demandes), des accords de « bon voisinage », des modèles de bruit médiocres, un manque d'évaluations de l'impact sonore, des réglementations sur le bruit non appliqué, des plaintes et des actions en justice liées au bruit, qui découlent du défaut de conception principal.* »

Il affirme :« **La distance s'est avérée être la seule option fiable de contrôle du bruit disponible pour les éoliennes jusqu'à présent. Dans la plupart des endroits, la distance n'est pas suffisante pour éviter les impacts.** »

6.3.4 D^{re}. Ursula Bellut-Staeck: IMPACTS DES INFRASONS SUR LA MICROCIRCULATION (2023)

L'étude de D^{re}. Bellut-Staeck a pu démontrer **l'effet des infrasons sur les cellules endothéliales et la microcirculation** et les mécanismes impliqués.

Elle explique: les infrasons peuvent traverser les murs, les personnes et les animaux. Avec des éoliennes de plus en plus grandes, les fréquences sont de plus en plus basses. Cela rend les infrasons plus problématiques et plus dangereux. Selon la chercheuse, **cela crée un stress vibratoire au niveau du système de microcirculation**. Comme de nombreuses fonctions vitales nécessitent des cellules endothéliales intactes, les **lésions endothéliales peuvent avoir de graves conséquences, notamment à contribuer au vieillissement vasculaire et à l'athérosclérose**²⁵⁰.

La conclusion de son étude avertie des **risques pour la santé lors d'une exposition longue ou chronique aux infrasons/basses fréquences** (traduit de l'anglais):

« *Dans un premier temps, on peut s'attendre à des perturbations fonctionnelles du système vasomoteur orchestré, respectivement de la vasomotion sensible, et à des lésions pathologiques anatomiquement reconnaissables de l'intégrité endothéliale causées par une **exposition plus longue**. Dans ce contexte, les changements structurels qui ont tendance à s'autorenforcer, comme décrit dans l'exemple du remodelage du cœur, sont importants. En élucidant probablement la voie physiopathologique par laquelle les infrasons/ basses fréquences(IFLN)pourraient conduire aux principaux troubles de santé, il sera possible de progresser dans **la définition des distances de sécurité pour vivre ou travailler avec des installations techniques émettrices**. De nombreuses questions scientifiques restent sans réponse,*

²⁵⁰ <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=125553> Impairment of the Endothelium and Disorder of Microcirculation in Humans and Animals Exposed to Infrasound due to Irregular Mechano-Transduction, section 1.5 figure 2

mais il existe suffisamment de preuves pour suggérer que, par mesure de précaution, d'autres technologies, impliquant de très basses fréquences et/ou des émissions impulsives ayant un impact potentiel sur les organismes vivants, devraient être limitées ou mieux évitées jusqu'à ce que tous les problèmes soient scientifiquement résolus. »

6.3.5 Les infrasons perçus par Électro-encéphalogramme/ Weichenberger / Kuehne:

« Altération de la connectivité corticale et sous-corticale due à des infrasons administrés à proximité du seuil auditif. »

« Preuves issues de l'IRMf (Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

Dans la présente étude²⁵¹ (revue par les pairs) la réponse du cerveau à une stimulation infrasonore (IS) proche et supraliminaire (fréquence sonore < 20 Hz) a été étudiée dans des conditions d'IRMf au repos.

Abstract: traduit de l'anglais :

« En résumé, cette étude est la première à démontrer que les infrasons proches du seuil d'audition peuvent induire des changements d'activité neuronale dans plusieurs régions du cerveau, dont certaines sont connues pour être impliquées dans le traitement auditif, tandis que d'autres sont considérées comme des acteurs clés du contrôle émotionnel et autonome²⁵².

Ces résultats nous permettent donc de spéculer sur la manière dont une exposition continue aux infrasons (sub-) liminaires pourrait exercer une influence pathogène sur l'organisme, mais d'autres études (notamment longitudinales) sont nécessaires pour étayer ces résultats. »

6.3.6 D^r Alec Salt, Otolaryngologiste et ancien professeur et chercheur à l'Université de Washington :

«L'explication du mécanisme par lequel le corps pourrait percevoir les sons sous le seuil de l'audibilité et des symptômes. »

Le D^r Alec Salt a démontré que certaines cellules sensorielles de l'oreille interne, notamment les cellules ciliées externes, sont sensibles à ces basses fréquences et peuvent transmettre des signaux au cerveau sans que l'individu ne perçoive consciemment un son. Des explications alternatives, telles que le soi-

²⁵¹ https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28403175/Altered_cortical_and_subcortical_connectivity_due_to_infrasound_administered_near_the_hearing_threshold_-_Evidence_from_fMRI

²⁵² [Infrasound effects on inner ear and activation of the brain. \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=...)

disant « effet Nocebo », ne sont plus acceptables comme contre-arguments, car la cause et l'effet directs ont été établis.

« Nous savons que les choses que nous ne pouvons pas voir, toucher, goûter ou sentir peuvent certainement nous faire du mal. Pourquoi, alors, ne pouvons-nous pas croire que les choses que nous ne pouvons pas entendre peuvent également nous faire du mal ²⁵³? »

« Contrairement à ce que l'on croit généralement, l'oreille n'est pas un filtre passif qui ne transmet que les sons audibles. L'étude montre que les infrasons peuvent activer le système vestibulaire (lié à l'équilibre) et d'autres parties du système nerveux central, ce qui peut provoquer des réactions physiologiques comme des nausées, une sensation de pression, des troubles de l'orientation, de la somnolence, voire de l'anxiété. Ces effets sont amplifiés la nuit, car le cerveau est plus réceptif en l'absence d'autres sons ambiants plus forts. »

Les recherches de Steven Cooper, acousticien appuient les découvertes du D^r.Salt: *« Des tests en laboratoire confirment que le son inaudible des éoliennes provoque des effets néfastes sur les personnes: des pulsations sonores inaudibles se produisant à des taux infrasoniques émis par les éoliennes se sont avérées provoquer des sensations perceptibles dans une expérience de laboratoire historique menée par Stephen Cooper et Chris Chan, présentée à la conférence 2017 de l'Acoustical Society of America à la Nouvelle-Orléans (Jerry Punch)²⁵⁴. »*

6.3.7 Steven Cooper

- DÉCOUVERTE DE la « signature acoustique » particulière associée aux éoliennes
- CONTREDIT L'ARGUMENT DE L'EFFET NOCEBO

L'étude de Cape Bridgewater de Steven Cooper, ingénieur acousticien reconnu, a fait progresser grandement la compréhension de la façon dont les gens réagissent aux pulsations de pression enregistrées par les éoliennes industrielles²⁵⁵. **Ses recherches ont permis d'identifier et de quantifier la signature acoustique associée aux éoliennes afin de permettre de mener les investigations médicales nécessaires.**

En 2012, après de nombreuses plaintes des résidents autour du parc éolien et à la demande du propriétaire du parc éolien de Cape Bridgewater, il a constaté un **manque de preuves sur la base des critères acoustiques proposés**. Le niveau de perturbation signalé par les résidents à proximité des

²⁵³ [How Does Wind Turbine Noise Affect People?](#), Alec N. Salt and Jeffrey T. Lichtenhan

²⁵⁴ [Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound](#), Canadian Audiologist, 2025

²⁵⁵ [Acoustic Group. The results of an acoustic testing program Cape Bridgewater Wind Farm](#), pdf, 2014

parcs éoliens existants contredisait le matériel acoustique à l'appui de la demande. Les résidents pouvaient identifier des sensations (whole body sensing) sans entendre le bruit des éoliennes: maux de tête, une pression dans la tête, les oreilles ou la poitrine, des bourdonnements dans les oreilles, des palpitations cardiaques, des pulsations dans la tête, de la fatigue ou une sensation de lourdeur semblable aux symptômes du syndrome des éoliennes décrits par D^{re} Nina Pierpont. Depuis, les recherches subséquentes ont permis de valider la « signature spécifique » des éoliennes et de la confirmer par la suite en laboratoire **et ainsi de contredire l'argument de l'effet nocebo, avancé par l'industrie éolienne.**

L'étude de Cape Bridgewater avait démontré que c'était impossible de corrélérer les sons audibles (dBA) avec les symptômes/perceptions/sensations des participants de l'étude. L'étude a révélé que les réponses inscrites dans le journal associées au bruit audible n'étaient pas directement corrélées à la puissance de sortie du parc éolien, mais que **la gravité des sensations ressenties était directement corrélée aux moments où la puissance de sortie du parc éolien changeait de 20 % ou plus**²⁵⁶.

Dans une autre de ses recherches (2021), Cooper précise la nécessité de l'évaluation future des modulations d'amplitude: « le taux de modulation du niveau dB(A) se produit à la fréquence de passage des pales, qui se situe dans la région des infrasons. **Les turbines peuvent présenter une modulation d'amplitude dans la région des basses fréquences**²⁵⁷. »

Steven Cooper a également observé qu'il y avait un phénomène **d'augmentation des symptômes et de la sensibilité pour certaines personnes au fil du temps.** Ces participants avaient des symptômes plus sévères l'année suivante, le phénomène d'adaptation à ce nouveau facteur environnemental ne semble pas avoir lieu pour les personnes sensibles aux infrasons, et il semble avoir un **effet cumulatif** chez certains²⁵⁸.

L'Effet nocebo

L'argument d'effet nocebo est fréquemment avancé par l'industrie, mais aussi par la Santé publique: INSPQ, le Scientifique en chef du Québec, ANSES (France)^{259,260,261,262}, parfois en association avec l'absence de bénéfice financier ou d'origine purement psychosomatique. Les recherches de Steven

²⁵⁶ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), 2020

²⁵⁷ [Wind farm noise-modulation of the amplitude](#), Steven Cooper, 2021

²⁵⁸ [Startle Reflex and Sensitisation](#), Laurie & als, 2017

²⁵⁹ [The Link between Health Complaints and Wind Turbines: Support for the Nocebo Expectations Hypothesis](#), Crichton & als, 2014

²⁶⁰ [INSPQ Bruit des éoliennes : informations supplémentaires](#), 2025

²⁶¹ Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens, ANSES, 2017

²⁶² [Scientifique en chef du Québec détecteur de rumeurs 4 mythes sur les éoliennes](#), 2023

Cooper contredisent cet argument. Elles ont fait la preuve que l'étude de Crichton *et als* (2014)²⁵⁰, appuyant l'argument d'effet nocebo est invalide, car les véritables caractéristiques acoustiques des éoliennes n'étaient pas utilisées.

L'utilisation des infrasons « éoliennes » seuls, avec la notation selon laquelle ces niveaux sont inaudibles, étayant le concept d'effet nocebo ne correspondaient pas à la « signature acoustique » spécifique aux éoliennes.

Il explique: « *Par exemple, les travaux de Crichton (Nouvelle-Zélande) ont accordé une grande importance à plusieurs articles qui ont affirmé que l'utilisation de sons purs inaudibles dans la région des infrasons constituait un test approprié pour identifier l'effet nocebo des éoliennes.*

*Crichton présente un argument en faveur de l'effet nocebo pour le bruit infrasonore des parcs éoliens par l'analyse statistique des observations, mais fournit des informations limitées quant à la qualification du signal infrasonore. Les conseils donnés aux sujets quant à la présence d'infrasons de parcs éoliens (par opposition à des infrasons « fictifs ») permettent de conclure que l'effet nocebo résulte du pouvoir de suggestion. Cependant, l'examen des données révèle que les infrasons réels de parcs éoliens n'ont pas été utilisés. **Les résultats des tests ne permettent pas de se fier aux infrasons réels de parcs éoliens.** ... D'après nos mesures d'éoliennes par analyse à bande étroite, nous n'avons pas pu trouver une seule tonalité de 5 Hz ou 9 Hz à un niveau constant provenant des installations de parcs éoliens²⁶³. »*

N.B. L'argument d'effet nocebo est également contredit par les études d'autres chercheurs^{264, 265, 266} et selon les réactions des animaux^{267, 268}.

Il ne devrait pas revenir à la population de faire la preuve des nuisances et risques éventuels pour leur santé, mais aux autorités de réglementation de fournir des études qui démontrent l'absence de risques pour la qualité de vie et de santé.

Dans une entrevue de 2018 « Sensing but not Hearing », Steven Cooper conclut²⁶⁹:

²⁶³ [The Inaudible Soundscape of a Wind farm Euronoise2018 Proceedings](#), Steven Cooper, 2018

²⁶⁴ [Infrasound effects on inner ear and activation of the brain. \(youtube.com\)](#)

²⁶⁵ [How Does Wind Turbine Noise Affect People?](#), Alec N. Salt and Jeffrey T. Lichtenhan

²⁶⁶ [Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold - Evidence from fMRI](#), Weichenberger & als, 2017

²⁶⁷ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020, section 10

²⁶⁸ [Wind turbines and adverse health effects Applying Bradford Hill's criteria for causation](#), Dumbrille & als, 2021

²⁶⁹ [Sensing but Not Hearing: The Problem of Wind Turbine Noise](#), 2018

« D'après mes recherches et l'examen de diverses études sur le bruit des éoliennes, il me semble que les autorités de réglementation doivent répondre aux questions suivantes en relation avec les critères que ces autorités ont émis pour permettre aux éoliennes de fonctionner à proximité des récepteurs résidentiels. Il n'est pas inutile de les répéter, si certains n'ont pas compris la nature fondamentale de ces demandes de sources et d'études. »

- *Veillez fournir des études sur lesquelles les critères des éoliennes/parcs ont été développés.*
- *Veillez identifier la ou les sources de bruit utilisées dans les études liées à la question 1.*
- *Veillez fournir les données dose-réponse relatives aux éoliennes/parcs éoliens sur lesquelles les critères sont basés, ainsi que le niveau correspondant qui représente 10 % de la population fortement affectée.*
- *La plainte la plus courante des résidents concerne les troubles du sommeil.*
- *Veillez fournir les études sur le bruit des parcs éoliens qui identifient le bruit (dans tout indice acoustique pertinent) qui donne lieu à des troubles du sommeil .*

- *Veillez fournir des études sur le bruit des parcs éoliens qui identifient le niveau de bruit (dans tout indice acoustique pertinent) qui ne donnera pas lieu à des troubles du sommeil.*

- *Veillez fournir des études sur le bruit des parcs éoliens qui identifient le niveau de bruit qui protégerait l'agrément acoustique des résidents à proximité des parcs éoliens.*

- *À la lumière de ce qui précède, veuillez identifier qui serait responsable (dans une demande de dommages et intérêts) des conséquences des impacts négatifs.*

« J'ai soumis les demandes ci-dessus en décembre 2016 et à ce jour ni moi ni les représentants de la communauté en Australie n'avons pu obtenir de réponses des autorités de régulation ou d'un commissaire aux parcs éoliens nommé par le gouvernement du Commonwealth. »

En lien avec les dénégations de l'industrie par rapport aux effets nuisibles du bruit des éoliennes sur la santé, le professeur Jerry.Punch, audiologiste, renvoie à l'exemple de l'industrie du tabac et au temps qu'il a fallu avant que les effets néfastes du tabac soient reconnus officiellement, malgré les preuves scientifiques disponibles. *« Malgré les dénégations vigoureuses de l'industrie éolienne, les recherches*

récentes concordent largement avec la description originale que fait la D^{re} Nina Pierpont des symptômes résultant de l'exposition aux éoliennes, qu'elle a appelés le syndrome de l'éolienne. »

- « Les rapports sur le bruit réalisés par les acousticiens de l'industrie éolienne indiquent fréquemment qu'aucune étude scientifiquement valable n'a démontré de relation causale ou directe entre les niveaux modélisés ou mesurés du bruit des éoliennes et les effets néfastes sur la santé. **Une telle conclusion reflète une compréhension trop étroite et égoïste de la causalité, et ignore le rôle des médiateurs entre le bruit et la santé, qui comprennent la gêne, le stress, l'anxiété et les troubles du sommeil**²⁷⁰. »

Malgré les dénégations de l'industrie, plusieurs poursuites intentées et les jugements témoignent des effets des éoliennes en milieu habité et agricole, sur la santé et le bien-être: d'ailleurs, tel que citée précédemment, en 2021, un jugement de la Cour d'appel de Toulouse avait reconnu le **syndrome éolien**²⁷¹. Selon ce jugement, les éoliennes installées à proximité des habitations étaient nocives pour la santé des plaignants et constituaient un trouble anormal du voisinage.

D'autres jugements ont reconnu les impacts des nuisances sur certains riverains de la France²⁷² et autres pays comme les États-Unis²⁷³ et l'Australie²⁷⁴. Déjà en 2011, un tribunal ontarien avait reconnu les nuisances. « Cette cause judiciaire a démontré avec succès que le débat ne doit pas se limiter à la question de savoir si les éoliennes peuvent nuire aux humains. Les preuves présentées au Tribunal démontrent qu'elles peuvent nuire aux humains si les installations sont situées trop près des résidents. Le débat est désormais devenu une question de degré²⁷⁵.

Comment expliquer l'absence de consensus entre les études indépendantes et non indépendantes ?

- Le financement
- Les critères d'inclusion et d'exclusion utilisés pour certaines thématiques ont pu évincer des études pertinentes
- Biais et lacunes dans la méthodologie des études
- Modélisations et collecte des données inadéquates

²⁷⁰ ["Wind Turbine Syndrome:" Audiologist Letter to the Ohio Power Siting Board](#), Audiologist Jerry Punch PhD public comments Seneca Wind, 2019

²⁷¹ [Le "syndrome éolien" reconnu : "une décision fondamentale"](#), 2021 France

²⁷² [Le promoteur d'un parc éolien condamné à indemniser des riverains](#), 2024 France

²⁷³ [After years of uncertainty, Falmouth wind turbines to be demolished](#), 2022 États-Unis

²⁷⁴ [Bald Hills wind farm ordered to stop emitting night-time noise, pay neighbours damages in landmark ruling](#), 2022 Australie

²⁷⁵ [Effets indésirables sur la santé des éoliennes industrielles](#), Jeffery & al, 2013

- Nombre limité de résidents vivant à proximité des éoliennes donnant des preuves statistiquement jugé faible (preuves limitées), de plus, l'exclusion des -18 ans et les impacts déclarés par les familles recevant un bénéfice financier liées par clause de confidentialité peuvent faire varier les résultats.
- L'absence de corrélation du niveau du bruit audible avec des symptômes reliés aux composantes inaudibles.
- La variabilité des symptômes des personnes habitant au même endroit réduit la possibilité d'obtenir des preuves statistiquement valables.

Le tableau suivant renvoie aux nombreux chercheurs ayant analysé les symptômes liés à l'exposition aux infrasons et aux bruits de basses fréquences, y compris l'exposition aux éoliennes industrielles.

N.B. veuillez prendre note qu'il s'agissait de petites éoliennes au moment des études

Tableau 1. Symptômes de santé décrits par différents chercheurs comme liés à l'exposition aux infrasons et aux bruits basse fréquence, y compris l'exposition aux éoliennes industrielles.

Auteur (année)	Référence	Symptomatologie
Pierpont (2009)	4	Trouble du sommeil; mal de tête; Perturbation vestibulaire vibratoire viscérale (VVD); étourdissements, vertiges, instabilité ; acouphène; pression ou douleur dans les oreilles; sensation du conduit auditif externe ; déficits de mémoire et de concentration; irritabilité et colère; et fatigue et perte de motivation
Leventhall (2003) Kasprzak (2014)	12 112	Vibrations des structures corporelles (vibration thoracique), gêne (surtout dans les maisons), perceptions de désagréments (pression sur le tympan, perception désagréable au niveau de la poitrine et sensation générale de vibration), troubles du sommeil (éveil réduit), stress, réduction performance sur des tâches verbales exigeantes et effets biologiques négatifs qui incluent des mesures quantitatives de l'activité EEG, de la pression artérielle, de la respiration, de la production d'hormones et de la fréquence cardiaque
Havas & Colling (2011)	91	Difficulté à dormir, fatigue, dépression, irritabilité, agressivité, dysfonctionnement cognitif, douleur/pression thoracique, maux de tête, douleurs articulaires, irritations cutanées, nausées, étourdissements, acouphènes et stress
Horner (2013) Paller et coll. (2013)	78 113	Maux de tête, nausées, acouphènes, vertiges et détérioration du sommeil
Jeffery et coll. (2013)	92	Troubles du sommeil, plaintes subjectives telles que maux de tête, fatigue, sensations passagères de vertiges et nausées, plaintes objectives telles que vomissements, insomnie et palpitations, gêne et qualité de vie (QV) réduite.
Jeffery et coll. (2014)	93	Impacts négatifs sur le bien-être physique, mental et social des personnes
Krogh et coll. (2012)	96	Gêne (considérée comme un effet néfaste sur la santé associé au stress), troubles du sommeil, maux de tête, difficultés de concentration, irritabilité, fatigue et divers troubles plus graves
Minnesota Département de Santé (2009)	55	Gêne, qualité de vie réduite, insomnie et maux de tête
Howe Gastmeier Tchapnik Limité (2010)	114	Niveaux élevés de gêne chez un pourcentage non négligeable de personnes, la gêne associée au bruit des éoliennes devant contribuer aux effets du stress sur la santé de certaines personnes.

Source : [Wind Turbine Noise and Human Health: A Four-Decade History of Evidence that Wind Turbines Pose Risks](#), Punch & James, 2016

Auteur (année)	Référence	Symptomatologie
Nissenbaum (2013)	81	Troubles du sommeil/privation de sommeil et maladies multiples résultant de troubles chroniques du sommeil, notamment les maladies cardiovasculaires induites par une augmentation chronique des niveaux d'hormones de stress, des changements de poids et des perturbations métaboliques (y compris le continuum d'intolérance au glucose due au diabète), le stress psychologique qui peut entraîner des maladies cardiovasculaires, une dépression chronique, de la colère et d'autres symptômes psychiatriques, des maux de tête, des troubles du système auditif et vestibulaire, un besoin accru et une utilisation accrue de médicaments sur ordonnance, des acouphènes, des vertiges.
Nissenbaum et coll. (2012)	97	Augmentation des perturbations du sommeil, santé mentale réduite
Thorne (2013)	49	Troubles du sommeil, maux de tête, acouphènes, pression dans les oreilles, étourdissements, vertiges, nausées, vision floue, tachycardie, irritabilité, problèmes de concentration et de mémoire et épisodes d'attaques de panique.
Pawlaczyk-Luszczynska et coll. (2005)	115	Problèmes de vision, de concentration et d'attention continue et sélective (en particulier chez les personnes très sensibles aux bruits de basse fréquence)
Pedersen (2011)	99	Gêne (aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur), statistiquement liée aux SPL ; interruption du sommeil, diabète et acouphènes (sur l'un des trois sites de test) ; gêne à l'extérieur, significativement liée à l'interruption du sommeil, à la tension, au stress, à l'irritabilité (sur les trois sites), aux maux de tête (sur deux sites) et à une fatigue excessive (sur un site) ; gêne à l'intérieur, significativement liée à l'interruption du sommeil (sur les trois sites) et au diabète, aux maux de tête, à la fatigue excessive, à la tension, au stress et à l'irritabilité (sur l'un des trois sites)
Roberts et Roberts (2013)	102	Vibration ou fatigue, gêne ou désagrément
Berger et Billington (2011)	103	La gêne, qui a été associée à des niveaux accrus de détresse psychologique, de stress, de difficultés à s'endormir et d'interruption du sommeil
Taylor (2013)	58	Gêne, stress, troubles du sommeil, interférence avec la vie quotidienne, maux de tête, irritabilité, difficultés de concentration, fatigue, étourdissements, anxiété et diminution de la qualité de vie
Ambroise et coll. (2012)	61	Étourdissements, irritabilité, maux de tête, perte d'appétit, fatigue, incapacité à se concentrer, besoin de quitter la maison et préférence pour être à l'extérieur (lors d'enquêtes sur le WTN menées par des chercheurs chevronnés, notamment des articulateurs)
Rand et coll. (2011)	116	
Thorne (2011)	46	Troubles du sommeil, anxiété, stress et maux de tête

Auteur (année)	Référence	Symptomatologie
Palmer (2013)	117	Impacts négatifs sur le sommeil, la stabilité de l'emploi, les relations sociales, les soins, la poursuite de passe-temps, les loisirs, l'apprentissage et la santé globale (sur la base d'entretiens avec des résidents quatre ans après avoir vécu à proximité d'éoliennes opérationnelles)
Château Branco et Alves-Pereira (2004)	118	Maladie vibroacoustique, décrite comme survenant uniquement après une exposition prolongée à des niveaux élevés d'infrasons
Château Branco (1999)	119	

Source : [Wind Turbine Noise and Human Health: A Four-Decade History of Evidence that Wind Turbines Pose Risks](#), Punch & James, 2016

7. LES NORMES ET L'ENCADREMENT DE L'INDUSTRIE ÉOLIENNE EN VIGUEUR AU QUÉBEC: LACUNES ET NÉCESSITÉ DE MISE À JOUR SELON LES DONNÉES RÉCENTES

7.1 GÉNÉRALITÉS

Au niveau international, les normes pour la planification des parcs éoliens et les distances séparatrices sont réglementées soit par rapport au bruit audible seulement, en dBA pour la plupart, ou par rapport aux ombres mouvantes selon le pays. Les différentes approches méthodologiques utilisées pour calculer les pénalités et les limites admissibles, les indicateurs utilisés, les méthodes d'évaluation et les procédures de conformité sont très variables et peuvent laisser place à des imprécisions^{276, 277, 278, 279}.

*« Dans de nombreux pays, les limites autorisées et les sanctions appliquées aux bruits de fermes éoliennes sont génériques et basées sur des directives traditionnelles en matière de bruit, élaborées en grande partie autour des sources de bruit environnemental industrielles et urbaines (Davy et coll., 2018). **Cependant, cette approche pourrait s'avérer trop simpliste et potentiellement inappropriée, compte tenu de la prédominance des basses fréquences et d'autres caractéristiques acoustiques des bruits de parcs éoliens qui diffèrent des autres sources de bruit ambiant (Schäffer et coll., 2018). De plus, le bruit des parcs éoliens s'est systématiquement révélé plus dérangeant que les autres sources de bruit ambiant (Janssen et coll., 2011), ce qui confirme que les limites de bruit traditionnelles peuvent être problématiques***²⁸⁰.

La documentation souligne la nécessité de prendre en compte la modulation d'amplitude ou des limites d'exposition spécifiques aux émissions de basses fréquences et infrasons des éoliennes²⁸¹.

7.2 AU QUÉBEC

L'encadrement pour la modélisation et la planification des parcs éoliens s'oriente selon la ligne directrice de l'OMS (2018) 45dB Lden « conditionnelle. » Cette norme de l'OMS pour les éoliennes industrielles est conditionnelle dû au nombre limité d'études. De plus, elle est appuyée sur les lignes directrices des

²⁷⁶ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020

²⁷⁷ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper & Cahn, 2020

²⁷⁸ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), 2023

²⁷⁹ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczczyńska, 2025

²⁸⁰ [Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development](#), Hansen & als, 2021

²⁸¹ [Should limit values be set for infrasound caused by wind turbines?](#) Pawlaczyk-Łuszczczyńska, & al, 2025

mesures du bruit routier. Cependant, les experts jugent cette norme inadaptée, le bruit éolien étant un bruit impulsif avec un contenu plus élevé en basses fréquences que le bruit routier²⁸².

« La figure 1 présente les trois courbes dose-réponse pour le bruit des éoliennes désignées ci-dessus comme valeurs L_{den} , ainsi que la limite L_{den} de 45 pour les éoliennes et la limite L_{den} de l’OMS.

La figure 1 inclut (à des fins de comparaison) la courbe dose-réponse de l’OMS pour la circulation routière (extrait des directives de l’OMS 2018, notant que l’OMS recommande une limite L_{den} de 53 pour les effets néfastes sur la santé et liée à 10% de la population étant fortement dérangé. »

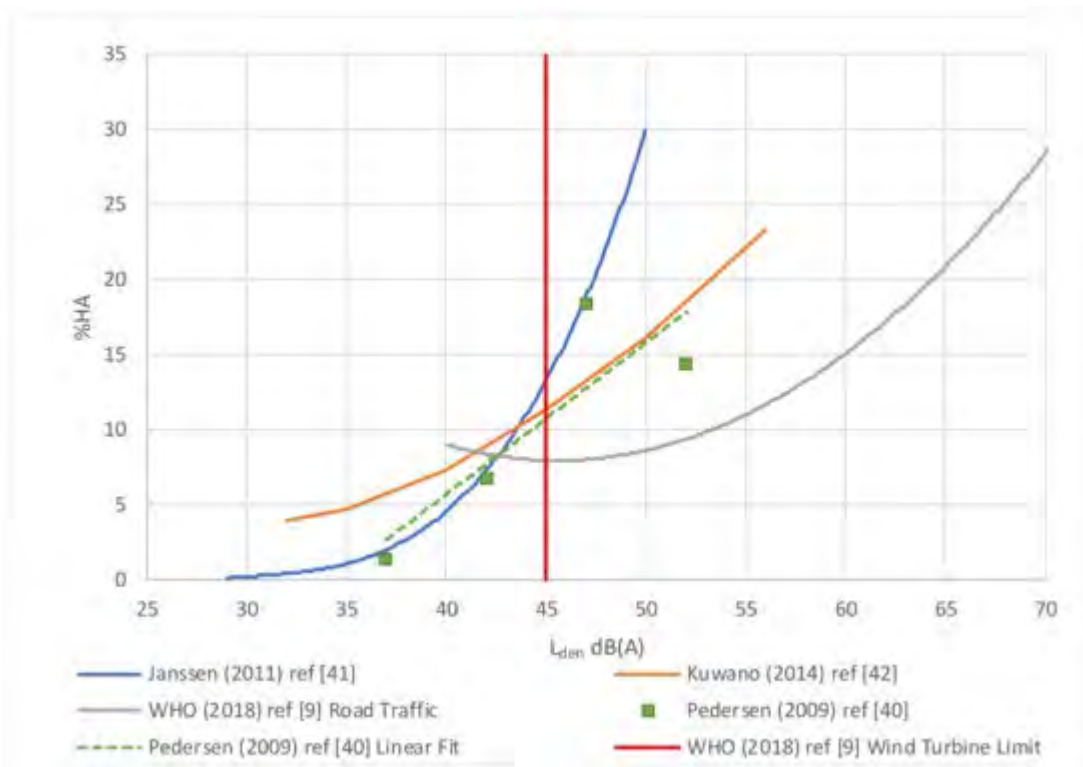


Figure 1. Proportion of respondents highly annoyed from wind turbines, Pedersen (2009), Janssen (2011), Kuwano (2014), re L_{den} and compared with road traffic (WHO 2018) ²⁸³.

« Les figures 1 (et 2) montrent que si l'impact acoustique des éoliennes est supérieur à celui du trafic routier, les objectifs fixés **pour le bruit des éoliennes tels que déterminés dans la réglementation pour protéger le sommeil (selon la recommandation de l'OMS), pourraient être inadéquats** ²⁷⁷. »

²⁸² [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), Nguyen & als, 2022

²⁸³ [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farms](#), Cooper & Chan, 2020

N.B. : Le graphique démontre qu'à 45 dBLden, la limite de gêne de la population fortement dérangée sera supérieure à 10%.

L'industrie au Québec utilise 40dB, qui est à peu près l'équivalent de la norme de l'OMS (45 dB Lden)²⁸⁴. Elle constitue une moyenne annuelle, exclut les pics/crêtes sonores (LA max), la variabilité du bruit (AM) et donne peu d'indication sur l'exposition au bruit à l'intérieur des résidences des riverains.

Tel que mentionné, la détermination des distances séparatrices entre les éoliennes et les résidences pour la planification des projets éoliens au Québec, est donc seulement dépendant du niveau sonore en pondération A auquel les promoteurs doivent se conformer.

La pondération A sous-estime les basses fréquences/ infrasons/modulation d'amplitude (sections 3 et 4) et leurs impacts^{285 286}.

La recommandation de limite de bruit est établie selon un seuil de bruit auquel 10% de la population exposée à ce niveau serait fortement dérangée (HA/high annoyance), même si la qualité de la preuve demeurerait faible, car plusieurs facteurs non acoustiques (lumières clignotantes, ombres mouvantes, impacts visuels, qualité de vie) influant également sur le désagrément signalé par les populations avoisinantes²⁸⁷. Concernant la recommandation pour le bruit éolien nocturne (L night), l'OMS 2018 n'était pas en mesure d'émettre une valeur guide en lien avec les perturbations du sommeil ou les maladies cardiovasculaires.

N.B : Dans le but de limiter les risques pour la santé dû aux troubles du sommeil, l'OMS fixe la ligne directrice du bruit nocturne environnemental (L night) à 40 dB pour toute source de bruit autre qu'aviation et pour limiter à **3%** le pourcentage de la population affecté par des troubles du sommeil (HSD/High Sleep Disturbance). Par contre, pour le bruit éolien, **le dérangement du sommeil autodéclaré était atteint à 33,5 dB** selon une réanalyse de l'étude de Santé Canada publié en 2025. **Lorsque la source des troubles du sommeil n'était pas précisée, la prévalence moyenne des troubles du sommeil (HSD/High Sleep Disturbance) se situait à 13,3 % dans l'ensemble et n'était pas liée à la limite sonore Lnight²⁸⁸ et démontre la contribution des facteurs non acoustiques sur le dérangement global.**

²⁸⁴ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#), pdf p.77

²⁸⁵ [Effet sur la santé des infrasons provenant de parcs éoliens](#), AtkinsRéalis, 2 février 2024

²⁸⁶ [OMS Lignes directrices sur le bruit dans la communauté](#), 1999

²⁸⁷ [Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#), pdf p. 74

²⁸⁸ [An analysis of self-reported sleep disturbance from nighttime wind turbine noise suggests minimal effects but highlights the need for standardization in research design](#), Michaud & al., 2025

N.B. :L'étude de Santé Canada (2014-2016) se référait à des résidents vivant à des distances de 0,6 - 11 km des éoliennes d'une puissance de de 660kW - 3 MW .

Vu la plus faible densité de population en zone rurale et de personnes fortement exposées au bruit éolien, une association statistiquement significative et des conclusions claires au sujet des nuisances sont difficiles à obtenir dans ces cas.

Cependant, à la lumière des informations disponibles actuellement, la norme de l'OMS pour l'encadrement des projets éoliens au Québec peut être questionnable et problématique comme démontrent les extraits suivants :

- Le rapport post conférence de la présentation du D^r David Michaud, chercheur pour Santé Canada, 8th International Conference on Wind Turbine Noise/2019, Lisbon Portugal, spécifie entre autres²⁸⁹ :

*« Un Lden annuel ne tient pas compte de l'influence que le bruit ambiant peut avoir sur la réponse humaine... Un Lden annuel **n'inclut pas l'impact potentiel que les tonalités et/ou la modulation d'amplitude peuvent avoir sur la réponse humaine.** Bien qu'une métrique Lden impose des restrictions théoriques sur les niveaux sonores nocturnes, **cette métrique à elle seule n'est pas adaptée à la protection contre les impacts potentiels sur le sommeil...***

*Le Lden suppose qu'une métrique extérieure moyenne annuelle pondérée A est le meilleur prédicteur de la réponse humaine au bruit des éoliennes, alors que les données accumulées à ce jour suggèrent qu'en l'absence de plusieurs variables non **acoustiques, il s'agit d'un prédicteur plutôt faible de la gêne.** Plusieurs études clés ont été publiées dans la littérature scientifique avant la publication des Lignes directrices en octobre 2018, et il faudra peut-être une décennie avant que ces publications ne soient prises en compte par l'OMS dans une version mise à jour des Lignes directrices. On ignore si l'OMS a envisagé de retarder la publication des Lignes directrices et/ou de supprimer purement et simplement le chapitre sur les éoliennes. L'une ou l'autre de ces deux options aurait été préférable au contenu publié, car les Lignes directrices publiées par l'OMS servent de référence aux acteurs internationaux et, **dans leur forme actuelle, le matériel de référence est incomplet.** »*

²⁸⁹ 8th International Conference on Wind Turbine Noise (WTN 2019), pdf, Post Conference Report / Lisbon Portugal

Le rapport détaillé de la firme d'ingénierie WSP (2023), met également en garde contre la ligne directrice conditionnelle de l'OMS de 2018 comme outil d'évaluation pour le bruit, tel qu'utilisé au Québec actuellement, car elle ne s'appuie pas sur des données récentes²⁹⁰.

« Les lignes directrices existantes de l'OMS (2018) ne doivent pas servir de base à l'élaboration d'un cadre de seuils d'effets pour le bruit des éoliennes. » La ligne directrice de 2018 de l'OMS émet une recommandation « conditionnelle » concernant la gêne sonore due au bruit des éoliennes, basée sur une comparaison directe des fonctions exposition-réponse issues d'études utilisant des méthodes différentes, ce qui peut par conséquent être trompeur.

Les analyses des données probantes étayant la ligne directrice de 2018 comprenaient des études allant jusqu'en 2014-2015 ; la quantité et la qualité des études ont augmenté depuis la fin des revues. »

N.B. : cependant, il faut tenir compte que certains rapports antérieurs de l'OMS sur les lignes directrices du bruit environnemental (1999/2008/2009), avant l'inclusion du bruit éolien en 2018, fournissent des informations importantes aux sujets des infrasons /basses fréquences ²⁹¹.

FQM/UMQ /Nergica fournissent des informations aux municipalités :

Plusieurs rapports et études affirment un dérangement élevé et un éventuel risque d'impacts sur la santé à partir de **35 dB**.

- OMS : perturbations du sommeil et des réactions biologiques
- L'Institut National Américain des Standards(ANSI) : limite pour tout nouveau bruit industriel en milieu rural calme²⁹².
- Santé Canada: dérangement élevé
- Audibilité : La documentation de l'Institut National de Santé publique(INSPQ) précise qu'un niveau de bruit de 35 dB sera audible pour 10-30% de la population lorsque les fenêtres sont

²⁹⁰ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), pdf p. 19, 2023

²⁹¹ [OMS Lignes directrices sur le bruit dans la communauté](#), 1999

²⁹² [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand](#), youtube

fermées et de 80-100%, lorsque les fenêtres sont ouvertes²⁹³. Selon Santé Canada, pour une bonne qualité de vie, on devrait être en mesure de dormir avec les fenêtres ouvertes l'été²⁹⁴.

7.3 LES LACUNES

Tel que mentionné, des plaintes des citoyens peuvent surgir lorsque les distances séparatrices sont insuffisantes, malgré la conformité aux normes de bruit des parcs éoliens.

Selon la recension **Recent Advances in Wind Turbine Noise Research** (2020) : « *Les niveaux de bruit prévus dépendent du modèle de bruit utilisé pour les obtenir et de nombreuses juridictions ne précisent pas quel modèle doit être utilisé...La réglementation existante spécifie des méthodes pour minimiser l'impact du bruit ambiant. Cependant, ces méthodes présentent de nombreux inconvénients, comme indiqué à la section 7.3, et permettent au bruit des parcs éoliens de dépasser les limites autorisées dans 50 % des cas. Face à ces problèmes, plusieurs tentatives, rapportées dans la littérature, ont été faites pour développer des méthodes permettant de séparer automatiquement le bruit des parcs éoliens du bruit ambiant. Au mieux, les méthodes décrites jusqu'à présent n'ont connu qu'un succès partiel, chacune étant soit scientifiquement erronée, soit nécessitant des recherches supplémentaires pour être correctement validée.*²⁹⁵.

Les normes ne représentent qu'une moyenne annuelle, n'incluent pas les crêtes sonores, et évaluent les basses fréquences /infrasons, la modulation d'amplitude de façon insuffisante.

- La complexité de mesure de leur propagation sur de grandes distances et à l'intérieur des habitations laissent place à un degré élevé d'imprécisions^{296, 297, 298}.
- Les fabricants divulguent rarement les résultats des tests des éoliennes concernant les émissions en basses fréquences. Les données sont habituellement confidentielles. La propagation des infrasons/basses fréquences peut être difficile à modéliser²⁹⁹.

²⁹³ [Bruit des éoliennes : informations supplémentaires](#), 2025

²⁹⁴ [Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects](#), Michaud & als, 2015

²⁹⁵ [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020

²⁹⁶ [WSP Report for UK government: a review of noise guidance for onshore wind turbines](#), 2023

²⁹⁷ [OMS Lignes directrices sur le bruit dans la communauté](#), 1999

²⁹⁸ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), Bakker & als, 2022

²⁹⁹ [Évaluation des effets sanitaires des basses fréquences sonores et infrasons dus aux parcs éoliens](#), ANSES, 2017

- **Normes et modèles de prédiction acoustique:** imprécises ou anciennes, selon les contextes³⁰⁰ :

- **NI 98-01** Note d'instructions du MELCCFP.

Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent (février 1998, modifiée en juin 2006).

Insuffisance des spécifications des mesures du bruit, et de protection adéquate des riverains en cas de certaines plaintes pour des nuisances et perturbations du sommeil reliées aux bruits inaudibles ou impacts visuels. Qui sera responsable des plaintes? Cette norme réfère aux municipalités pour déterminer les limites de bruit selon les catégories de zones³⁰¹.

N.B. : [Le mémoire de Hans Moreau](#) et [le mémoire de Nynon Lessard](#) du BAPE 2024 témoignent des difficultés de suivis et solutions suite aux plaintes concernant les niveaux de bruits dérangeants provenant d'un parc éolien situé à 12 km de leur résidence.

Une autre problématique des normes pour l'encadrement des projets éoliens au Québec est qu'elle basée sur les niveaux de bruit. Elle exclut les impacts par les nuisances non-acoustiques importantes qui seront augmentées par les éoliennes de grande taille prévues actuellement. Ceci est souligné par Michaud (2018) « *The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations* » : **Il est démontré que la somme des nuisances** causées par le bruit, les lumières clignotantes, l'effet stroboscopique des ombres mouvantes, l'impact visuel et (dans une moindre mesure) les vibrations **est corrélée aux symptômes de santé perçus**³⁰².

[The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations - PMC](#)

³⁰⁰ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#), Hansen & Hessler, 2015

³⁰¹ [Traitement des plaintes sur le bruit et exigences aux entreprises qui le génèrent](#) Références légales : LRQ (c. Q-2), articles 20 et 22

³⁰² [The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations - PMC](#)

« Cependant, dans les situations où plusieurs variables sont à l'origine de la gêne de la communauté, comme cela semble être le cas pour L, utilisation d'éoliennes à grande échelle, la prise en compte de la seule gêne due au bruit élevé peut miner d'autres émissions qui contribuent à la gêne globale de la communauté.

Au fur et à mesure que les données dans ce domaine s'accumulent, il n'y a aucune raison pour qu'une autre approche, fondée sur la gêne globale, ne puisse pas éventuellement être adoptée dans les situations où plusieurs caractéristiques des sources sont connues pour souligner les réactions de gêne de la communauté. «

« La distance de recul qui correspond à un changement statistiquement significatif dans un score gêne globale peut informer les juridictions qui établissent des politiques³⁰³. »

On peut se questionner si la norme NI 98-01 et les suivis pour le climat sonores actuellement seront insuffisants pour protéger la population. Advenant le cas de litiges concernant les impacts visuels, la qualité de vie, ou la valeur des maisons, on ne précise pas comment et par qui les riverains pourront être dédommagés adéquatement. Au sujet des ombres mouvantes l'exemple de la documentation du projet Forêt Domaniale, on trouve l'information suivante au sujet des ombres mouvantes:

« À la section 6.9.3.6 Impact visuel des ombres mouvantes, l'initiateur assure qu'un programme de gestion des plaintes sera mis en place et que toute problématique en lien avec les battements d'ombre sera reçue et analysée. Toutefois, ce dernier ne précise pas de pistes de solution. Veuillez préciser quelles seront les mesures d'atténuation qui seront appliquées en cas de réception de plaintes et que des nuisances sont avérées, en considérant l'optimisation du projet et la réévaluation des impacts

R - 82 En cas de plaintes concernant les ombres mouvantes pour lesquelles une nuisance avérée serait confirmée, les mesures d'atténuation seront proposées au plaignant sur la base de la situation précise documentée sur le terrain. Des mesures applicables sur le terrain du propriétaire (p. ex. : plantation de haie ou aménagement d'un mur de bois) seront envisageables selon la problématique et la configuration

³⁰³ [The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations - PMC](#)

du terrain. Des mesures applicables au fonctionnement des éoliennes ont déjà été proposées ailleurs au Québec et au Canada, mais sont difficilement envisageables (ASSS de la Montérégie, 2011)³⁰⁴ ».

La comparaison avec le parc Éolien des Cultures pour rassurer la population concernée par le projet Forêt Domaniale/St. Paul-de- Montminy au sujet des éoliennes de 200 m affirmant que les éoliennes de 200m sont bien acceptées, est questionnable. Il s'agit d'un projet de seulement 6 éoliennes (4 MW/198 m). L'atteinte de la valeur du paysage pour la population peut être différente. La méthodologie du suivi du projet Des Cultures peut soulever certaines questions : la validité des résultats du suivi pour les impacts pour le paysage et l'analyse de PESCA Environnement est basée sur 112 questionnaires retenus sur 800 appels effectués sans indiquer les distances à laquelle les répondants vivent et sur 6 réponses/40 de la part des touristes à un bureau touristique situé à 35 km, les graphiques qu'on a tirés des questionnaires relève peu de détails. Malgré cette méthodologie, le graphique Figure 5 démontre que l'acceptabilité et la réalité post construction devraient faire réfléchir... surtout pour les résidents et visiteurs de la région du projet éolien dans la MRC Montmagny, qui a aussi une fonction de zone de ressourcement et de villégiature pour la population locale et les visiteurs ainsi un potentiel agricole et forestier qu'il faut préserver pour le futur.

*« Suite à la comparaison des simulations visuelles à la situation réelle, l'impact visuel du parc éolien Des Cultures peut être considéré **relativement conforme** à ce qui a été évalué dans le cadre de l'étude d'impact et du processus d'analyse environnementale du projet. Pour la réalisation du sondage téléphonique, 800 appels ont été effectués de façon à obtenir un échantillon assurant une marge d'erreur et un niveau de confiance satisfaisants. Au total, les appels ont permis de recueillir l'opinion de 112 répondants. En ce qui concerne le sondage des touristes, 40 approches ont pu être réalisées, ce qui a permis de recueillir l'opinion de 6 individus. **Ces taux de réponse démontrent une certaine neutralité de la population et des visiteurs locaux par rapport aux impacts visuels potentiels du parc éolien Des Cultures** »³⁰⁵.*

³⁰⁴ Pesca Environnement Octobre 2024 Parc éolien de la Forêt Domaniale Étude d'impact sur l'environnement Volume 4 : Réponses aux questions et commentaires du MELCCFP [PR5.2 Réponses aux questions et commentaires du 21 mars 2024 - Partie 1 : Document principal](#) p.113

³⁰⁵ [Documents - Projet eolien des cultures Projet / 13.2 3211-12-241-29.pdf](#)

L'impact cumulatif de plusieurs projets sur le paysage est également à considérer.

- **La norme ISO 7196 (1995):**

Spécifie la pondération de fréquence «G» comme étant approprié pour quantifier l'énergie acoustique dans la plage de 0,25 à 250 Hz³⁰⁶. Cependant, selon d'autres sources, l'utilisation des pondérations de mesures sonores peut varier (ex. pondération C et Z) selon le contexte³⁰⁷.

- **La norme ISO 9613-2:**

Selon, Hansen & Zajamsek, 2015, on constate³⁰⁸:

La prévision de la propagation des infrasons et du bruit basse fréquence pour les éoliennes modernes est limitée avec cette norme, particulièrement sur des plus grandes distances ou la composante des basses fréquences/infrasons est dominante. La propagation des basses fréquences est influencée par la hauteur du moyeu et la distance avec la source du bruit. Selon la distance, la propagation sonore change de sphérique à cylindrique, dans le cas d'une résidence qui se trouve dans l'environnement de plusieurs éoliennes entre 1 et 5 km, il sera difficile à faire des prédictions précises sur des impacts sonores sur les résidents qui se trouvent dans l'environnement de plusieurs éoliennes situés à des distances différentes ou l'effet cumulatif par la présence d'un parc éolien déjà existant³⁰⁹.

N.B. : Le risque d'imprécision des modélisations pour l'évaluation des impacts sonores pour la population est encore augmenté dans le cas de présence d'un parc éolien déjà existant. On peut se questionner sur les possibilités de recours pour la population en cas de plaintes.

L'exemple d'une étude d'impact mentionne :

« DNV tient à noter que les éoliennes existantes appartenant au parc éolien Saint-Damase I ne sont pas incluses dans la modélisation actuelle. Selon les instructions recueillies lors des consultations entre DNV, le Client, et le MELCC, les éoliennes existantes font partie du bruit

³⁰⁶ [Infrasound Exposure: High-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), Bakker & als, 2022

³⁰⁷ [Multi-input model uncertainty analysis for long-range wind farm noise predictions](#), Nguyen, 2023, pdf version complete voir Annexe I

³⁰⁸ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#)

³⁰⁹ [Prediction of infrasound and low frequency noise propagation for modern wind turbines – a proposed supplement to ISO 9613-2](#), Hansen & Zajamsek, 2015

résiduel et ne font ainsi pas partie de l'impact sur le climat sonore attribuable au Projet³¹⁰. »
« [PR3.10 - PARC ÉOLIEN CANTON MACNIDER S.E.C. Étude sonore, février 2024, 18 pages.](#)

Il sera difficile de déterminer à quel parc éolien incombera la responsabilité en cas de nuisances et plaintes .

Pourtant, la Directive ministérielle / Avis d'évaluation environnementale(2023) spécifie :

« **2.1.5 Aménagements et projets connexes**

*L'étude d'impact fait mention de tout aménagement existant ou projeté, en cours de planification ou d'exécution, susceptible d'influencer la conception ou les impacts du projet proposé. **Les renseignements sur ces aménagements et ces projets doivent permettre de déterminer les interactions potentielles avec le projet proposé. Ils devront également être utilisés pour l'identification des effets cumulatifs du projet***³¹¹. »

[PR2.1.5 - MELCCFP. Directive, juillet 2023, 42 pages.](#)

- **Mesures actuelles en pondération A :**

L'industrie admet que les mesures en pondération A sous-estiment les composantes de basses fréquences et infrasons³¹².

La propagation des basses fréquences des éoliennes sur de grandes distances et l'augmentation à l'intérieur des habitations pourrait devenir problématique en zone habitée et agricole :

« *Le contraste entre le bruit ambiant et le bruit dû au fonctionnement des parcs éoliens est encore exacerbé le soir et la nuit en raison de conditions atmosphériques stables. Dans ces conditions, les éoliennes continuent de fonctionner, tandis que la vitesse du vent à la résidence est négligeable, ce qui entraîne de très faibles niveaux de bruit de fond. Des conditions atmosphériques stables donnent également lieu à un cisaillement du vent important, identifié comme un facteur contribuant à la modulation d'amplitude du bruit des parcs éoliens, ce qui le rend encore plus intrusif. Des tests d'écoute ont montré que pour un niveau de bruit donné, la présence d'une modulation d'amplitude contribue significativement à la gêne perçue.*

³¹⁰ [Étude sonore pour l'exploitation du Parc éolien Canton MacNider](#), pdf 18 pages, 2024

³¹¹ [Projet éolien Canton MacNider](#), Registre des évaluations environnementales

³¹² [Effet sur la santé des infrasons provenant de parcs éoliens](#), AtkinsRéalis, 2024

Contrairement au bruit de la circulation, qui se compose d'énergie distribuée sur la gamme des fréquences moyennes, le bruit des parcs éoliens à des distances supérieures à environ 1,5 km de l'éolienne la plus proche est dominé par l'énergie des basses fréquences. Cela est dû au fait que le bruit basse fréquence est mal absorbé par l'atmosphère et le sol, ce qui fait qu'il est détecté à des distances beaucoup plus grandes de la source que le bruit de moyenne à haute fréquence. De plus, la réfraction acoustique résultant du vent atmosphérique et des gradients de température entraîne une réduction de l'atténuation du bruit basse fréquence dans la direction sous le vent, mais peu de changement pour les hautes fréquences. Par conséquent, le bruit basse fréquence peut se propager sur de grandes distances en raison d'une combinaison de réfraction vers le bas (dans des conditions sous le vent et/ou d'inversion de température), d'une faible absorption atmosphérique et de pertes insignifiantes par réflexion sur le sol. Dans une résidence typique, le bruit dans la gamme des moyennes et hautes fréquences est atténué sélectivement par les murs et le toit, ce qui fait que la structure de la maison se comporte comme un filtre passe-bas. En conséquence, **le spectre sonore à l'intérieur de la maison est encore plus fortement pondéré vers les basses fréquences, ce qui est perçu comme plus gênant qu'un spectre bien équilibré d'intensité sonore égale.** Dans une pièce de taille moyenne, les résonances sont bien séparées aux basses fréquences, ce qui entraîne une variation du niveau de pression acoustique pouvant atteindre 20 à 30 dB selon l'emplacement dans la pièce. Le contrôle du bruit basse fréquence et des infrasons est également problématique avec un traitement acoustique standard.

Compte tenu des diverses caractéristiques du bruit basse fréquence décrites ci-dessus, il est évident qu'il n'est peut-être pas approprié d'appliquer au bruit des parcs éoliens des recommandations issues d'études sur le bruit de la circulation. L'utilisation de la pondération A dans les recommandations relatives au bruit des parcs éoliens est discutable en raison des lourdes pénalités appliquées au bruit basse fréquence et **de l'incapacité du niveau de bruit pondéré A à être corrélé à la gêne et aux perturbations lorsque le spectre sonore est dominé par les basses fréquences. La spécification d'un niveau de bruit admissible global pondéré A suppose des réductions du bruit extérieur vers l'intérieur des logements, typiques du bruit de la circulation routière, ce qui n'est pas approprié pour les spectres dominés par les basses fréquences³¹³.** »

³¹³ [Outdoor to indoor reduction of wind farm noise for rural residences](#), Hansen & als 2015

8. L'EAU POTABLE ET LES PARCS ÉOLIENS

8.1 IMPACTS POTENTIELS DES PARCS ÉOLIENS SUR LES EAUX SOUTERRAINES

La construction d'un parc éolien peut avoir plusieurs impacts sur l'équilibre hydrogéologique³¹⁴. Le cas des impacts tel que souligné dans le cas de Chatham /Kent(La semaine Verte,18 novembre 2023)³¹⁵. On constate le manque d'études scientifiques préalable à la construction du parc éolien. De plus, au Québec ,les évaluations préalables ne sont pas effectués par des entreprises indépendantes, mais confiés aux promoteurs. Les risques des coûts futurs ou baisse de valeurs maisons/fermes ,érablières chalets avec des problèmes d'eau pourront être compenser comment advenant des problématiques futures pour la région ?

Dans le projet St-Paul-de- Montminy, on prévoit des éoliennes 7 MW (nécessitant 650-825 m³ de béton armé, 32 000 m³ sable et gravier équivalent à 5400 voyages de camions plus 2800 voyages de camions supplémentaires et un déboisement assez important, près de 200 ha. Actuellement, le développement éolien précipité dans le but d'adaptation aux changements climatiques ne semble pas comptabiliser l'ampleur du déboisement pour l'ensemble du développement éolien, la captation de carbone par les forêts et les GES. « *La construction et l'amélioration des chemins et des aires de travail ainsi que le déboisement de l'emprise de la ligne de transport privée d'électricité de 230 kV se traduiront par des empiétements permanents et temporaires de 9,9 ha de milieux humides... »*

L'AVIS D'EXPERT PROCÉDURE D'ÉVALUATION ET D'EXAMEN DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT sur la RECEVABILITÉ DE L'ÉTUDE D'IMPACT pour le projet St-Paul-de-Montminy fait référence aux lacunes des évaluations :

- [PR6-SPDM Résumé de l'étude d'impact sur l'environnement](#) p.34/35

À la section » 2.2.2.1 *Nature des sols, dépôts de surface et stabilité, l'initiateur illustre que près de la moitié de la zone d'étude est en sol où le drainage est difficile et où la nappe phréatique est près du niveau du sol. De plus, les projections climatiques suggèrent que les précipitations moyennes annuelles connaîtront une augmentation allant de 4,6 % à 9,7 % durant la durée de vie du projet et sur l'horizon 2041 2070, l'augmentation pourrait aller jusqu'à 13,6% »*

p.49-51

³¹⁴ [Wind farms and groundwater impacts](#), Northern Ireland Agency, 2015

³¹⁵ [La Semaine Verte L'énergie renouvelable, à quel prix? | Info | Radio-Canada](#), 18 Novembre 2023

« *Thématiques abordées : Inventaire des prélèvements d'eau à l'intérieur de la zone d'étude* •

Référence à l'étude d'impact : Section 3.2.5 – Volume 1 Carte 1 – Volume 2 •

Texte du commentaire : À la section 3.2.5 (Volume 1)

« *on mentionne que plus d'une centaine de puits et forages sont répertoriés à l'intérieur de la zone d'étude sur la base du Système d'information hydrogéologique(SIH).alors que la carte 1 du Volume 2 positionne les forages et puits privés ainsi que les prises d'eau potables municipales. Le SIH provient, en grande partie, de rapports de forages réalisés par les puisatiers pour des ouvrages de captage desservant des résidences privées en eau potable. Il n'offre pas un inventaire exhaustif de tous les ouvrages de captage existants au Québec .Il contient seulement l'information sur des puits profonds (ou tubulaires)réalisés sur le territoire du Québec depuis 1967. De plus ,un certain nombre de puits profonds forés depuis 1967 n'y figurent pas. Enfin, les puits de surface tout comme les captages de sources n'y sont répertoriés que depuis le mois de juin 2023.Les informations trouvées au SIH sont dont incomplètes et une validation terrain doit être réalisée lorsqu'un inventaire est requis.*

... *Clause(s) particulière(s) : La responsabilité de l'analyse des données et des conclusions qui sont tirées des études consultées demeurent entièrement à la charge du consultant et du promoteur. Le rôle des ingénieurs et géologues de la DEPESS se limite à informer le demandeur à savoir si les règles de l'art et les principes généralement admis en hydrogéologie sont respectés dans les études qui leur sont fournies. Les ingénieurs et géologues de la DEPESS ne peuvent attester que les résultats sont bons, ou que les calculs faits sont exacts puisqu'ils prendraient alors la responsabilité professionnelle de travaux qu'ils n'ont pas effectués ni supervisés personnellement. »*

« *Rappelons qu'au droit de puits artésiens, la limite vibratoire acceptable de l'onde de compression générée par des travaux de dynamitage est de 50 mm/sec². La DEPESS n'a plus de commentaires à formuler sur cet enjeu ».*

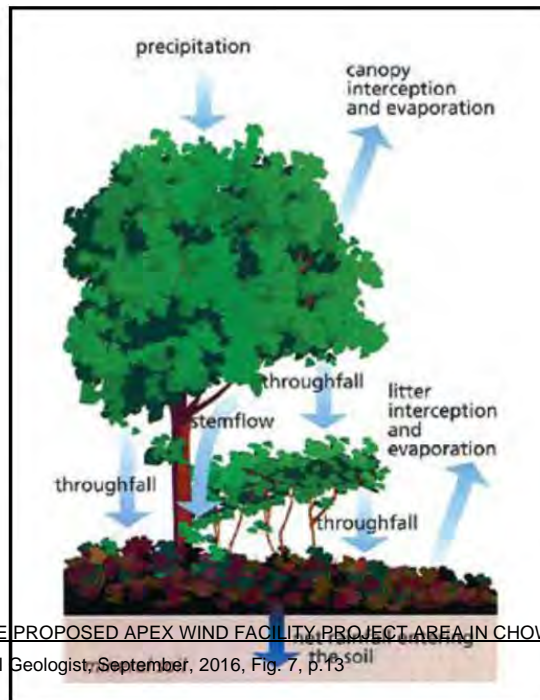
- La section suivante élabore plus en profondeur les enjeux soulevés sur les ressources en eau potable

Milieu habité, agricole et agroforestier :

Plusieurs publications témoignent de la vulnérabilité des ressources d'eau souterraine et l'importance d'application du principe de précaution pour l'implantation de projets éoliens en milieu habité et agricole

est soulignée^{316,317}. Certains projets éoliens nécessitant de grandes surfaces de coupes forestières, pourraient prédisposer aux risques d'érosions futures, le couvert forestier ne pouvant plus protéger le sol en cas de pluies torrentielles ,fréquentes avec les changements climatiques.

Figure 7 « *La canopée des forêts intercepte les précipitations, permettant à l'eau de tomber doucement au sol afin de recharger les nappes phréatiques et de réduire la quantité et la vitesse d'écoulement des eaux pluviales à la surface du sol* ».



HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROPOSED APEX WIND FACILITY PROJECT AREA IN CHOWAN COUNTY, NORTH CAROLINA, Pamela C. Dodds, Ph.D, Licensed Professional Geologist, September, 2016, Fig. 7, p.13

Les données officielles sur la somme totale de coupes forestières prévue à travers le Québec pour les projets éoliens n'ont pas pu être trouvées au moment de la rédaction du document présent, cependant ,en vérifiant plusieurs études d'impacts des promoteurs, on peut constater qu'il s'agit de surfaces importantes. Dans le cadre d'une politique en vue de l'adaptation aux changements climatiques, (pluies torrentielles, augmentation des feux de forêts). Cet aspect ne semble pour l'instant pas abordé et documenté dans la politique d'un développement durable.

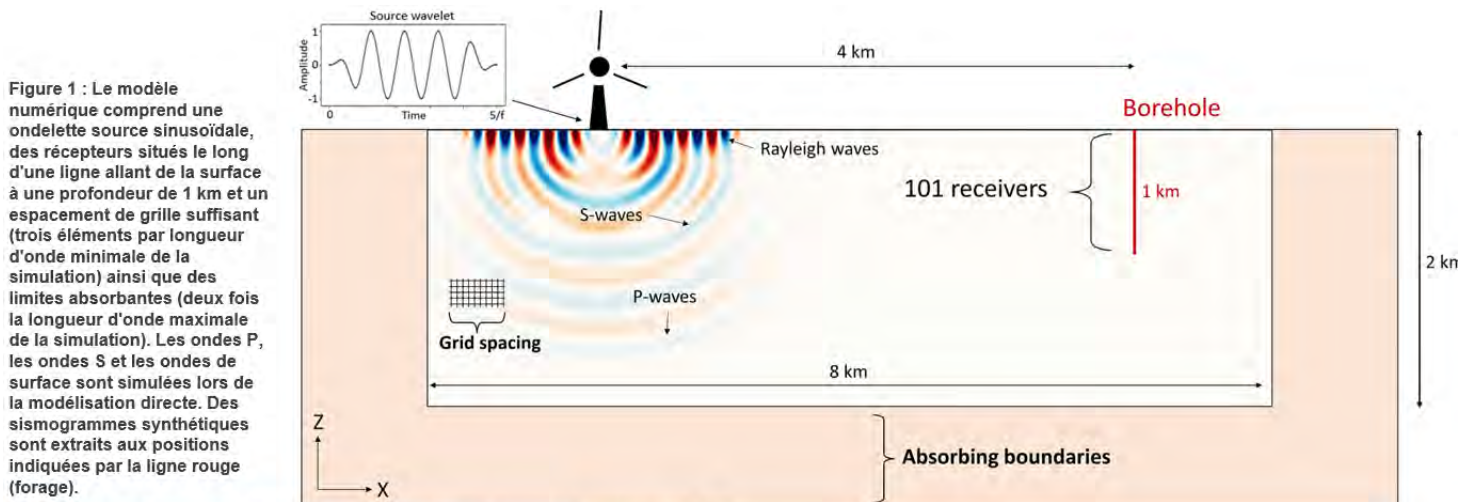
Les distances séparatrices pour la protection des milieux humide ou hydrique et des ouvrages de prélèvement des eaux :

Tel qu'adoptées par les différentes MRC ,elles pourraient s'avérer insuffisantes dans plusieurs cas. Elles pourraient représenter des risques pour les ressources en eau de la population, selon la nature du sol, la porosité et la proximité et les aquifères étant donné le poids considérable des éoliennes de grande taille et de leurs fondations pendant les phases de construction, exploitation ou démantèlement.

³¹⁶ [INSPQ Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#), eau potable, **L'eau potable et les parcs éoliens**, pdf
³¹⁷ [HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROPOSED APEX WIND FACILITY PROJECT AREA IN CHOWAN COUNTY, NORTH CAROLINA](#), Pamela C. Dodds, Ph.D., 2016

Microsismicités :

Tel qu'expliqué précédemment, « les microsismicités sont la présence et la transmission de vibrations à travers le sol. Les vibrations physiques de balancement et de flexion des éoliennes industrielles pénètrent dans le sol. Les pulsations de pression barométrique des pales pénètrent également dans le sol (la plupart des sismomètres utilisés pour mesurer les pressions infrasoniques sont installés sous le niveau du sol » (courriel R. Rand ,acousticien INCE,2024).» Selon les recherches, la propagation des vibrations générées par les éoliennes dépend de leur poids leur, puissance et la nature du sol ³¹⁸. Les stations de mesures sismiques sont capable de détecter la signature sismique des éoliennes parfois sur de grandes distances et les données peuvent être affectés par les interférences en provenance des éoliennes^{319, 320}. La recherche démontre que les éoliennes émettent un bruit sismique induisant un mouvement d'onde dans le sol qui entre en conflit avec les mesures des stations sismiques³²¹.



The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements. Limberger & als, 2023

Selon le promoteur EDF (BAPE Projet éolien du Granit), le poids d'une éolienne Vestas 6 MW incluant les fondations (variable selon la nature du sol) se situerait autour de **2240 t.** (719 t pour l'éolienne/1525 tonnes pour les fondations dans ce projet Il n'était pas possible de connaître le poids total d'une

³¹⁸ [How wind turbines affect the performance of seismic monitoring stations and networks](#), Neuffer & Kremers, 2017

³¹⁹ [Reduction of wind-turbine-generated seismic noise with structural measures](#), Abreu & als, 2022

³²⁰ [The impact of seismic noise produced by wind turbines on seismic borehole measurements](#), Limberger & als, 2023

³²¹ [Characterization of the seismic wave field radiated by a wind turbine](#), Neuffer & als, Journal of Seismology, juin 2021

éolienne de 7 MW prévues dans plusieurs régions du Québec³²², au moment de la rédaction de la présente recension.(2000 t fondations)

Actuellement, on ne connaît pas les impacts futurs sur les impacts des ondes sismiques des éoliennes sur la structure du sol, son équilibre hydrogéologique. Les changements climatiques avec pluies torrentielles et périodes de sécheresse prolongées pourraient représenter des risques éventuels d'érosion selon la nature de certains sols ainsi la qualité et quantité de ressources d'eau potable. Les cartes actuelles désignant des zones sujets à l'érosion pourraient être insuffisantes, ainsi que la documentation sur les ressources en eau PACES. À ce jour, les études sur des éoliennes de grande taille à ce sujet sont inexistantes et devraient être mises en place avant tout nouveau projet éolien. Les études préalables devraient être effectuées soit par une entreprise indépendante ou soit par Hydro-Québec éventuellement. Sinon, en cas de problème, aucun recours pour les municipalités ne sera possible en cas de litige. Un BAPE générique prend ici tout son sens.

À la lumière de ces études, de l'absence de connaissances et de certitudes au sujet des conséquences éventuelles sur nos sols et ressources en eau, l'importance de l'application du Principe de Précaution pour leur protection devient évidente. Il n'est pas connu, si la présence de parcs éoliens avec des éoliennes de grande taille pourrait éventuellement affecter la turbidité des ressources en eau souterraines et si cela pourrait représenter un éventuel risque selon la nature du sol pour les usines de filtration de certaines régions dans le futur. Pour l'instant, on ne pourrait pas conclure dans un sens comme dans l'autre.

Autres risques :

La littérature évoque des risques possibles de contamination par des fuites de lubrifiants et hydrocarbures ou de coliformes, en plus d'affectation des niveaux et la capacité d'absorption et le stockage d'eau souterraine³²³.

Plusieurs publications témoignent de l'importance d'application du principe de précaution pour l'implantation de projets éoliens en milieu habité et agricole. Le rapport de l'INSPQ (2023), « *Éoliennes et santé publique: mise à jour 2023* p.62-72 » émet une mise en garde concernant les enjeux potentiels

³²² [Projet de construction du parc éolien de la Haute-Chaudière dans la MRC du Granit](#), BAPE, 2025

³²³ [Wind farms and groundwater impacts](#), Northern Ireland Agency, 2015

liés aux activités éoliennes sur la quantité et la qualité de l'eau potable. Parmi les risques de sources possibles de contamination et de modification des niveaux d'eaux souterraines, on mentionne:

- **les données scientifiques sur l'impact des activités éoliennes sur la qualité et la quantité de l'eau des nappes/sources d'eau potable sont limitées.**
- **les différentes phases d'implantation d'un parc éolien et leurs risques de potentielles sources et processus de contamination et de modification des niveaux d'eaux souterraines :**
 - **Nature et quantité de contaminants retrouvés dans les nappes d'eaux souterraines pouvant alimenter des systèmes de distribution d'eau potable et des puits privés.**
 - **Vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines.**
 - **Contamination par infiltration lors de la phase de construction de modifications dans le sol, pouvant créer des fissures, des fractures et réduire la couche protectrice au-dessus du toit de la nappe, la rendant ainsi plus vulnérable aux infiltrations.**
 - **Contamination par modification des charges hydrauliques des sources en eau.**

Les activités de construction d'un parc éolien pourraient modifier les profils hydriques des sources d'eau peu profondes. Si des travaux autour du parc éolien à construire modifient la topographie du territoire, l'écoulement des eaux souterraines dans cette zone pourrait être modifié, voire intensifié. Cela pourrait impliquer une accélération de la dispersion des contaminants dans les sources d'eau potable s'il existe des sources potentielles de pollution à proximité.

- **Réduction de la quantité d'eau souterraine »**

D'autres facteurs influençant la recharge des aquifères et eaux souterraines possibles :

- l'assèchement du sol en surface par évapotranspiration³²⁴.
- la baisse du nombre de vers de terre, importants pour la structure du sol dans l'environnement d'un parc éolien³²⁵
- la compaction du sol
- l'érosion du sol et/ou déboisement^{326, 327, 328}

³²⁴ [Wind Turbines Affect Humidity Over Crop Fields, New UAS Measurements Confirm](#), Aeronautical University, 2017

³²⁵ Vibrational noise from wind energy-turbines negatively impacts earthworm abundance, Velilla & als, 2021

³²⁶ [Assessment of forest disturbance and soil erosion in wind farm project using satellite observations](#), Xia & als, 2025

³²⁷ [HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROPOSED APEX WIND FACILITY PROJECT AREA IN CHOWAN COUNTY, NORTH CAROLINA](#), Pamela C. Dodds, Ph.D., 2016

³²⁸ [There was no discussion about whether it's the best thing to do' – Derrybrien wind farm seeks to pack up, leaving 70 turbine foundations behind. Irish Independent](#), 16 may 2025

Au Québec, selon le rapport de suivi environnemental du projet éolien Mont Sainte-Marguerite effectué en 2018, les analyses des puits privés situés à proximité de la zone du projet ont démontré que la qualité de l'eau de certains puits avait été affectée pendant la phase de construction. « *Les niveaux de turbidité et les concentrations de deux substances inorganiques, le manganèse/Mn et le strontium/Sr dépassaient les normes et les critères relatifs à la qualité de l'eau potable au Québec pour certains puits privés, tel qu'évoqué... le manganèse (Mn) a été associé à des effets neurodéveloppementaux chez les nourrissons. L'exposition au strontium (Sr) pourrait avoir des effets nocifs sur les os, particulièrement durant la première année de vie d'un nourrisson.* »

Le guide de planification de parcs éoliens et impact sur l'eau souterraine de l'Agence Environnementale Irlande du Nord: (2015) apporte des informations sur des enjeux supplémentaires:

« *Le développement d'un parc éolien est susceptible d'avoir un impact sur la qualité et la quantité des eaux souterraines et/ou sur le régime d'écoulement des eaux souterraines*³²⁹. »

On souligne l'importance des eaux souterraines et leur protection pour :

« *Les prélèvements à des fins agricoles et industrielles, ainsi que la production alimentaire et de boissons (y compris l'eau en bouteille) ;*

L'approvisionnement en eau potable, public et privé ; et le maintien du débit et du niveau d'eau des rivières, des lacs et des zones humides, notamment en période de faibles précipitations.

La protection des eaux souterraines contre tout risque de contamination est importante, car les polluants pourraient nuire à la santé humaine, réduire la qualité des produits agricoles, rendre l'eau impropre à certains procédés industriels et menacer nos campagnes et notre environnement, notamment leur aptitude à la pratique de loisirs. En résumé, la contamination des eaux souterraines peut avoir non seulement des conséquences sanitaires et environnementales, mais aussi de graves conséquences économiques. »

De plus, l'ampleur et l'étendue des fondations d'une éolienne sont susceptibles d'avoir un impact sur le milieu aquatique. On indique:

« *Les modifications du milieu aquatique local peuvent affecter des récepteurs tels que les puits/forages, les sources, les zones humides et les cours d'eau, et peuvent également avoir des répercussions sur l'écologie dépendante des eaux souterraines et/ou la stabilité des sols.* »

³²⁹ [Northern Ireland Environment Agency. Department of Environment/Wind Farms and Groundwater Impacts, A guide to EIA and Planning considerations, 2015](#)

L'impact d'un parc éolien sur la qualité et la quantité des eaux souterraines, ainsi que sur leur régime d'écoulement, est illustré à la table 1³³⁰.

A guide to EIA and Planning considerations, 2015

Table 1: Impacts potentiels des parcs éoliens sur les eaux souterraines

	Phase de construction	Phase d'exploitation	Phase de démantèlement
Régime d'écoulement des eaux souterraines	Travaux de terrassement et drainage du site: <ul style="list-style-type: none"> • Abaissement de la nappe phréatique si un rabattement est nécessaire pour la construction des fondations des turbines ou des fosses d'extraction; • Modifications de la répartition et de l'écoulement des eaux souterraines. 	Présence physique des turbines et des voies d'accès: <ul style="list-style-type: none"> • Modifications possibles de la répartition des eaux souterraines; • Réduction du stockage des eaux souterraines. Réduction de la couverture forestière sur le site: <ul style="list-style-type: none"> • Modifications des schémas d'infiltration et de ruissellement de surface, influençant ainsi l'écoulement et la répartition des eaux souterraines. 	Présence physique des anciennes turbines et des voies d'accès: <ul style="list-style-type: none"> • Modifications possibles de la répartition des eaux souterraines; • Réduction du stockage des eaux souterraines.
Qualité des eaux souterraines	Travaux de terrassement: <ul style="list-style-type: none"> • Perturbation de sols contaminés et pollution subséquente des eaux souterraines. Gestion des matériaux: <ul style="list-style-type: none"> • Pollution due à des déversements ou des fuites de carburant, d'huile ou de matériaux de construction. 	Gestion des matériaux : <ul style="list-style-type: none"> • Pollution due à des déversements ou des fuites de carburant ou d'huile. 	Utilisation de véhicules et d'engins pour le démantèlement des infrastructures: <ul style="list-style-type: none"> • Pollution due à des déversements ou des fuites de carburant ou d'huile.

³³⁰ [Northern Ireland Environment Agency. Department of Environment/Wind Farms and Groundwater Impacts, A guide to EIA and Planning considerations, 2015](#)

En 2023, l'émission de La Semaine Verte /Radio Canada mettait en lumière une problématique de contamination de l'aquifère qui alimente plusieurs fermes de la région de Chatham Kent /Ontario³³¹. Les agriculteurs, bien que favorables à la venue de l'industrie éolienne au début, se trouvent maintenant face à de sérieux problèmes de contamination et d'approvisionnement d'eau. Selon le reportage, l'apparition de turbidité et de contamination par du schiste noir peu de temps après la construction des éoliennes a affecté les puits privés de la région^{332,333}. Les citoyens déplorent le manque d'études scientifiques préalables à la construction du parc éolien.

D^r Maurice Dusseault, professeur retraité en géomécanique à l'Université de Waterloo, conseiller et formateur auprès de l'industrie pétrolière ne se dit pas surpris par cette situation. Selon lui, la cause était probablement dû à des vibrations extrêmement faibles par le battage des pieux venant des éoliennes et leur effet connexe sur les eaux souterraines³³⁴.

Il explique :En industrie pétrolière, le concept d'excitation à grande amplitude et à basse fréquence comme facteur favorisant l'écoulement des liquides est une technologie environnementale et pétrolière bien connue pour stimuler l'écoulement des fluides. Le battage de pieux émet le même type de vibrations à basse fréquence créées par les tremblements de terre lointains, un phénomène connu pour affecter les puits d'eau souterraine. « *Les tremblements de terre, même lointains, sont connus pour affecter les puits d'eau souterraine, modifiant le niveau de l'eau et pouvant entraîner une turbidité*³³⁵. »

Selon D^r Dussault, l'essentiel est de prendre des mesures en série chronologique, préalable, rigoureuse avant l'installation d'un parc éolien, et pendant et après, afin de pouvoir démontrer l'existence d'une corrélation claire entre l'activité des éoliennes et les effets sur les eaux souterraines. «...dans le cas d'eaux de puits polluées ou de variations du niveau de la nappe phréatique, ceci pourra faire la preuve que les vibrations des éoliennes peuvent avoir un impact sur les eaux souterraines à proximité des éoliennes, [courriel de Maurice Dussault /2024]. »

Cependant, on peut déplorer qu'au Québec les analyses ne sont pas effectuées par des experts indépendants, mais par l'industrie.

³³¹ [La Semaine Verte L'énergie renouvelable, à quel prix? | Info | Radio-Canada](#), 18 Novembre 2023

³³² [Chatham-Kent families fear they won't have clean drinking water after government report](#), CBC News, 2018

³³³ [MPP, Water Wells First and OGWA call on Ontario government to keep well water testing promises](#),

By Ground Water Canada, 2019

³³⁴ [Wind turbines: Vacated/abandoned homes study – Exploring research participants' descriptions of observed effects on their pets, animals, and well water](#), Krogh & als, 2024

³³⁵ [How does an earthquake affect groundwater levels and water quality in wells?](#) USGS

8.2 L'EAU, PFAS ET BISPHÉNOL A

L'abrasion des pales et leur impact futurs possibles pour nos ressources en eau et terres agricoles est un facteur important à considérer ^{336,337}. L'étude de Wind Energy Science « Radar-derived precipitation climatology for wind turbine blade leading edge erosion » affirme d'ailleurs:

« L'érosion du bord d'attaque des pales d'éoliennes (LEE/leading edge erosion), est une source potentiellement importante de perte de revenus pour les parcs éoliens³³⁸. » D'autres études confirment cette réalité³³⁹ :

Le contenu des pales des éoliennes en PFAS et Bisphénols A³⁴⁰ (appelés souvent "les polluants éternels") soulève des questions à ce niveau. Selon la compagnie Chemours: « Les fluoropolymères sont un matériau essentiel et irremplaçable dans les secteurs d'utilisation des énergies renouvelables. »

« PFAS : essentiel pour les énergies renouvelables »³⁴¹

« Inventés depuis moins d'un siècle, les PFAS, ces molécules surnommées polluants éternels qu'une proposition de loi débattue en France veut restreindre, sont désormais détectées sur toute la planète, des neiges de l'Antarctique au foie des ours polaires ou aux eaux souterraines. Et seule la «partie émergée de l'iceberg³⁴² » est connue. L'INSPQ avise des effets d'une exposition à long terme et d'effets cancérogènes³⁴³.

Selon plusieurs sources, on mentionne au sujet du Bisphénol A et éoliennes:

« Les pales d'éoliennes sont fabriquées en fibre de verre imprégnée d'époxy pour les rendre plus résistantes. L'époxy contient 30 à 40 % de bisphénol A. Résultat : les particules fines provenant de l'érosion des pales d'éoliennes contiennent donc une teneur élevée en bisphénol A. »

« Les pales d'éoliennes sont les plus grandes consommatrices de plastiques époxy. En 2013, 27 % (69 000 tonnes) de toute la résine époxy ont été utilisées pour la production d'éoliennes. La production

³³⁶ [Leading edge erosion of wind turbines: Effect of solid airborne particles and rain on operational wind farms](#), Law & al, 2020

³³⁷ [LEADING EDGE EROSION OF WIND TURBINE BLADES: UNDERSTANDING, PREVENTION AND PROTECTION](#), MISHNAEVSKY& ALS 2021

³³⁸ [Radar-derived precipitation climatology for wind turbine blade leading edge erosion](#), 2020

³³⁹ [Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades](#), Solberg & als, pdf, 2021

³⁴⁰ [Epoxy resins in wind energy applications](#), 2015

³⁴¹ [PFAS: Critical to Renewable Energy](#), American Chemistry Council

³⁴² [Des «polluants éternels» à la grandeur de la planète](#), Le Devoir 3 avril 2024

³⁴³ [Effets potentiels des PFAS sur la santé | Institut national de santé publique du Québec](#), 2024

mondiale annuelle de bisphénol A est quant à elle supérieure à 10 millions de tonnes, et une augmentation significative est attendue dans le futur³²⁷. » :

« *Le Bisphénol A pose également de sérieux problèmes pour l'eau. 1 kg de Bisphénol A rend 10 milliards de litres d'eau inutilisables*³⁴⁴. » Tenir cette substance à l'écart de l'environnement devient donc essentiel³⁴⁵.

« L'Organisation mondiale de la santé (OMS) avait déjà alerté le monde en 2012 sur les possibles propriétés cancérigènes des perturbateurs endocriniens, concluant que ces substances constituaient une menace mondiale pour la santé publique³⁴⁶. »

De nouvelles réglementations prévues PFAS/Québec/Canada/ÉU sont évoquées depuis peu :

« *PFAS et agriculture: Québec veut limiter les PFAS dans les biosolides utilisés en agriculture.*

- *Dans un **nouveau règlement**, le ministère de l'Environnement veut ajouter des seuils maximaux pour 13 de ces « polluants éternels » dans les boues d'épuration*³⁴⁷. »

En 2023, les résultats de recherche du D^r Sébastien Sauvé, chercheur en chimie environnementale de l'Université de Montréal avaient mis en lumière cette problématique des PFAS dans l'eau des municipalités³⁴⁸.

- Selon la firme d'ingénierie WSP : « *Les projets d'atténuation des PFAS sont complexes en raison des nombreux milieux environnementaux concernés: **eau potable**, eau de surface, eau souterraine, sol, sédiments, air, eaux usées, eaux pluviales, déchets solides et bio solides. **Les municipalités** et les entreprises devront effectuer des changements opérationnels majeurs et des **investissements considérables**, ce qui **affectera directement les contribuables** et l'économie dans son ensemble*^{349, 350, 351}. »
- Les firmes d'avocats, tel que Bloomberg Law met les propriétaires et l'industrie en garde des litiges éventuels: «... *afin de répondre aux obligations de conformité, aux risques de litige et aux responsabilités environnementales potentielles liées aux PFAS, les entreprises du secteur des énergies renouvelables, leurs consultants techniques et leurs avocats doivent auditer les produits contenant des PFAS qu'ils utilisent et les obligations réglementaires potentielles qu'ils engendrent, ainsi que l'impact potentiel des actions des agences fédérales et stratégiques sur les*

³⁴⁴ [Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades](#), Solberg & als, pdf, 2021

³⁴⁵ [INSPQ Effets potentiels des PFAS sur la santé \(fiche technique\)](#), 2024

³⁴⁶ [OMS Lutte contre le cancer dans le cadre d'une approche intégrée](#), pdf, 2017

³⁴⁷ [Radio Canada-Québec veut limiter les PFAS dans les biosolides utilisés en agriculture](#), 2024

³⁴⁸ [Comment Sébastien Sauvé a mis les PFAS sous les projecteurs](#), udemnouvelles, 2025

³⁴⁹ [WSP Managing forever chemicals](#), 2024

³⁵⁰ [New 'Forever Chemical' Rules to Hit Renewable Energy Industry \(1\)](#), Bloomberg Law, 2024

³⁵¹ [INSPQ Effets potentiels des PFAS sur la santé \(fiche technique\)](#), 2024

chaînes d'approvisionnement³⁵².

Les entreprises du secteur des énergies renouvelables doivent également documenter leur prise en compte des PFAS et de toute mesure d'atténuation associée dans le cadre de leurs audits immobiliers et de leurs projets de développement, notamment lors des évaluations de site de phase I et des demandes de permis, afin de se protéger contre les poursuites judiciaires et les responsabilités environnementales liées aux PFAS³⁵³ ». Cependant, il est important de mentionner que l'industrie cherche à développer des alternatives.

9. EFFETS INDÉSIRABLES SUR LA SANTÉ DES ANIMAUX :

Les nouvelles technologies éoliennes suscitent des inquiétudes quant à leurs impacts sur la santé et le comportement des animaux, notamment les animaux d'élevage et la faune sauvage.

Bien que les promoteurs éoliens affirment que les éoliennes ont un impact modéré sur la faune, **les études démontrent des risques sur la santé et le comportement des animaux d'élevage et la faune sauvage :**

- **Déclarations d'effets néfastes sur les animaux - Élevages :**

En France, le rapport d'une vaste enquête était publiée par CGAAER (Conseil général de l'alimentation et de l'agriculture et des espaces ruraux³⁵⁴.

Cette enquête menée en 2023 auprès de 1 015 éleveurs situés à proximité d'éoliennes, d'antennes relais et de lignes électriques a révélé des troubles comportementaux et une baisse de productivité chez les animaux, particulièrement les bovins. **Les élevages laitiers signalent le plus de perturbations. Ces perturbations semblent liées aux courants parasites des lignes électriques dû aux caractéristiques physiques du sol, plutôt qu'aux éoliennes elles-mêmes³⁵⁵.**

La journaliste Sioux Berger, auteure du livre *Le Prix du Vent*, a réalisé des entrevues auprès d'éleveurs dont le troupeau a été touché par les courants parasites dans certaines conditions de sol.

Les observations étaient :

³⁵² [New 'Forever Chemical' Rules to Hit Renewable Energy Industry \(1\)](#), Bloomberg Law, 2024

³⁵³ [New 'Forever Chemical' Rules to Hit Renewable Energy Industry \(1\)](#), Bloomberg Law, 2024

³⁵⁴ [Etude sur l'impact des ondes électromagnétiques en élevage bovin \(web-agri.fr\)](#), 2023

³⁵⁵ [Quel impact des champs électromagnétiques sur les élevages ? Une enquête inédite publiée](#), Réussir, 29 avril 2024, Nathalie Marchand

Les éleveurs ont signalé des troubles de comportement, une baisse de production laitière, des problèmes de reproduction et une mortalité accrue . Certains éleveurs ont subi des pertes importantes. L'explication des changements physiologiques chez les animaux est due aux changements de comportements observés chez des animaux impactés. Ils concernaient des cheptels situés à une distance de 200 à 1 200 mètres d'éoliennes (hors bâtiments agricoles, une éolienne peut être installée à cinq cents mètres d'une maison d'habitation).

« Par ailleurs, on a constaté que des animaux refusaient de boire ! On sait qu'une vache qui ne boit pas est une vache qui produit moins de lait, qui est en plus mauvaise santé » Une augmentation des naissances de femelles était observée « C'est le cas en effet dans le département de l'Allier. Moins de naissances mâles signifient à l'évidence une perturbation endocrinienne³⁵⁶. »

Les bovins étant très sensibles au bruit , perçoivent les sons plus intensément que les humains et l'exposition au bruit peut causer du stress et de la peur chez le bovin.

Les distances séparatrices avec les bâtiments d'élevage ne semblent pas tenir compte des nuisances sonores pour le bétail par les éoliennes de grande taille et de leurs caractéristiques: Selon l'étude de Craig «Un murmure de 30 dB est très audible pour les bovins³⁵⁷. » Or selon le schéma suivant, on se trouverait avec un niveau de 45 dBA à 300 m, la distance établie pour les bâtiments d'élevage par plusieurs des MRC³⁵⁸ :

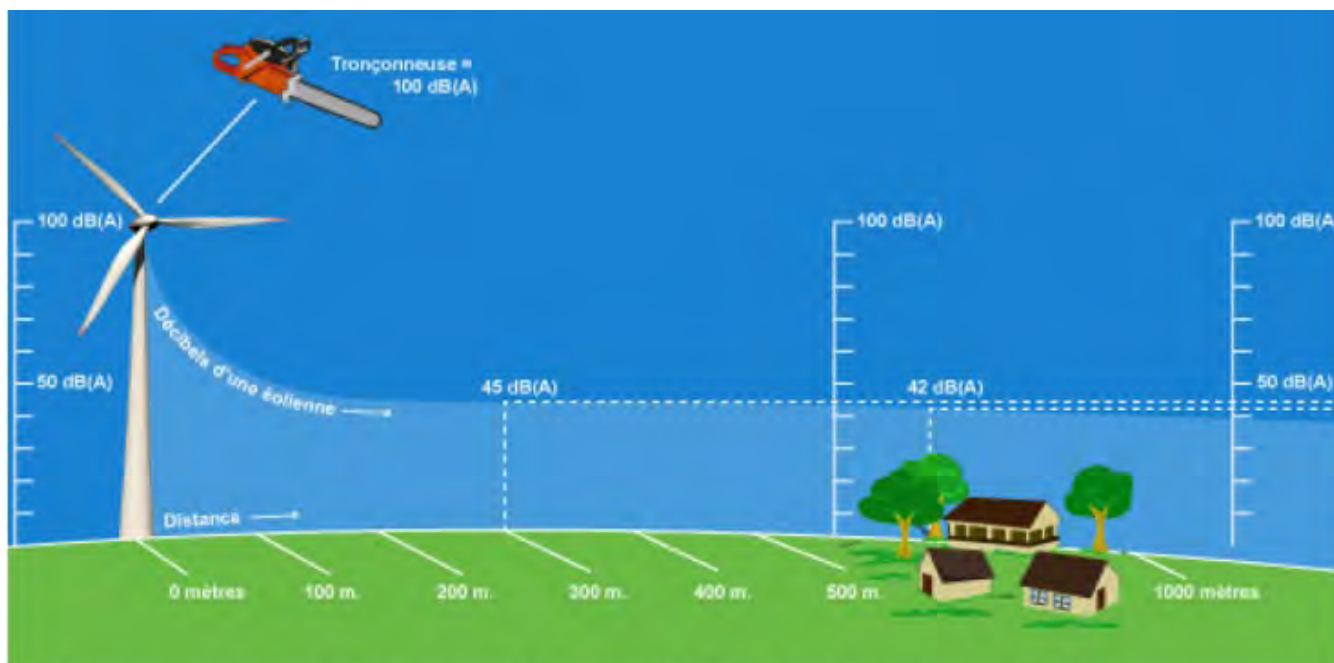


Schéma niveau de bruit éolien selon les distances **L'éolien et ses impacts sur l'environnement :**

³⁵⁶ Conférence-midi avec Sioux Berger, PCENY 2023

³⁵⁷ Bovins de boucherie - Agri-Réseau | Documents | Page 1 (agrireseau.net)

³⁵⁸ Fiche technique — L'éolien et ses impacts sur l'environnement, UMQ/Nergica pdf p. 3

Concernant le danger relié aux projections de glace à proximité des éoliennes de grande taille, l'information de la documentation de UMQ/Nergica fournit l'information suivante :

«les éoliennes sont situées assez loin pour ne pas affecter les humains et les bovins. Cependant, en hiver, les chutes de glace provenant des pales givrées dans un rayon proche (100-300 mètres) de l'éolienne peuvent entraîner des blessures, voire la mort³⁵⁹. » Cependant, tel que mentionnée, Hydro Québec exige dans ses appels d'offres que les éoliennes soient équipées d'un système de dégivrage.

Constats des études aux États-Unis, en Europe et au Canada

- **Des anomalies telles que des malformations congénitales, des problèmes de fertilité et des comportements agressifs ont été observés chez les animaux exposés aux éoliennes.**
- **Bovins : mutations (absence d'yeux ou de queues), avortements spontanés et des prolapsus.**
- **Chèvres, les chevaux, les émeus et les visons, avec des taux de mortalité élevés et des problèmes de reproduction^{360, 361}.**
- **Faune sauvage : Stress élevé, difficulté de communication, dérangement des couloirs de migration³⁶².**

Éoliennes, faune aviaire et chauves-souris :

La documentation du promoteur Innergex fournit les informations suivantes :

«Les parcs éoliens sont-ils nocifs pour les animaux? Les inventaires de la faune et les études environnementales requises pour tous les projets permettent de positionner les éoliennes de manière à éviter les couloirs de migration et les zones habituellement fréquentées par les animaux volants. De toutes les infrastructures et activités humaines, les éoliennes font partie de celles qui ont un impact très modéré sur les populations d'oiseaux et de chauves-souris et qui n'ont aucun impact sur le bétail ou la faune au sol³⁶³.»

Cependant, le suivi du taux de mortalité d'un parc éolien témoigne d'une réalité différente :

[PR9 - AUTEURS MULTIPLES. Avis des experts, février 2020, 24 pages.](#) (2020-07-07)

³⁵⁹ [Fiche technique — L'éolien et ses impacts sur l'environnement](#), UMQ/Nergica pdf .

³⁶⁰ *Dumbrille et al., 2021* Application des critères de causalité de Bradford Hill (voir Annexe 2 page 65)

³⁶¹ [Wind turbines and adverse health effects Applying Bradford Hill's criteria for causation](#), Dumbrille & als, 2021

³⁶² [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Hansen & Hansen, 2020, section 10

³⁶³ Innergex, Énergie éolienne, 2024

[PR13.6 - ÉNERGIE RENOUVELABLE DES CULTURES S.E.C. Suivi environnemental 2023 - Faune avienne et chauves-souris an 2, février 2024, 42 pages.](#) (2024-02-06)

«Le taux de mortalité annuelle estimé au Québec est en moyenne de 1,6 oiseau/éolienne/an (Féret, 2016). Le taux de mortalité obtenu pour le parc éolien Des Cultures en 2023 (entre 3,72 et 5,24 oiseaux/éolienne) est supérieur à la moyenne provinciale. » Concernant le taux de mortalité des chauves-souris, les taux de mortalité par éolienne/an se situent pour 2023 entre 3,45-5,73 chauves-souris/éolienne (2022:11,82-13, 82 chauves-souris/éolienne), supérieur à la moyenne provinciale de mortalité de chauve-souris qui est de 0,5 chauve-souris/éolienne.

Ceci représente donc un taux de mortalité 2à3 fois supérieur pour les oiseaux et 6-10 fois supérieur pour les chauves-souris comparées à la moyenne provinciale durant les 2 premières années d'opération. On peut se poser la question ,si la taille des éoliennes(près de 200m) ou du rotor joueraient un rôle dans ces impacts élevés, comparativement avec la taille des éoliennes des projets éoliens antérieurs.

Lors de l'**étude d'impact précédent la construction**, l'avis suivant a été émis :

«Programme de suivi de la mortalité des oiseaux et des chauves-souris. L'étude d'impact réalisé par l'initiateur permet de démontrer que les risques d'impact, par mortalité des individus, du projet éolien sur les populations régionales d'oiseaux et de chauves-souris sont réels Notamment, **les résultats du suivi de mortalité du parc Montérégie à proximité du projet actuel ont montré des taux de mortalité de chauves-souris relativement élevés.**»

[PR13.6 - ÉNERGIE RENOUVELABLE DES CULTURES S.E.C. Suivi environnemental 2023 - Faune avienne et chauves-souris an 2, février 2024, 42 pages.](#) (2024-02-06)

- **Impacts juridiques et sociaux**

Les impacts des éoliennes sur la faune ont donné lieu à des poursuites :

France : EDF-Renouvelables a été mis en cause pour la destruction d'espèces protégées, notamment des oiseaux tués par des éoliennes³⁶⁴.

États Unis : En 2022, Nextera Energy Ressources a plaidé coupable et était obligé de payer une amende de 8 Mio \$ pour la mort d'au moins de 150 aigles³⁶⁵.

³⁶⁴ [Oiseaux tués par des éoliennes : un procès historique contre EDF](#), Elsa Souchay, 2024

³⁶⁵ [Wind energy company pleads guilty after at least 150 eagles killed in U.S.](#), By The Associated Press, 2022

Norvège : les Samis, éleveurs de rennes, ont obtenu des compensations financières après que leurs pâturages d'hiver ont été détruits par des projets éoliens. Ces cas soulignent les tensions entre le développement de l'énergie éolienne et la protection des écosystèmes³⁶⁶.

En plus des impacts sur les animaux, certaines études témoignent des effets possibles sur les **insectes**. Ceci pourrait être d'une grande importance, pour la biodiversité et la co-affectation des pollinisateurs et donc pour la nutrition³⁶⁷.

L'impact du bruit vibratoire des éoliennes peut diminuer l'abondance de **verres de terre** à proximité et peut influencer la santé et structure du sol ainsi sa capacité d'absorber l'eau³⁶⁸.

Les nombreuses conséquences de l'implantation de projets éoliens sur la biodiversité, la productivité agricole et le bien-être des animaux, justifient une vigilance accrue et des recherches approfondies.

10. CONCLUSION

À la lumière de cette recension, on peut constater les faits suivants :

- Les **réglementations et normes existantes sont inadéquates** pour les technologies proposées selon plusieurs experts de l'industrie, de la santé publique et indépendants (Section 7). Les études permettant de justifier les distances séparatrices par rapport aux résidences des riverains et aux ressources d'eau souterraine (section 8) de certains MRC paraissent inexistantes pour le moment. Une mise à jour des normes et de l'encadrement paraît nécessaire avant tout nouveau projet éolien.
- **L'information fournie par les promoteurs et le gouvernement**, qui minimise les risques éventuels pour la population, et la rapidité actuelle de l'implantation des projets éoliens au Québec, peuvent être problématiques. NERGICA /FQM/UMQ

Le manque d'informations non biaisées à la disposition des élus.e.s et de la population pour

³⁶⁶ [Norway and the Sami people end a dispute over Europe's largest onshore wind farm](#), Updated 10:06 AM UTC-5, March 6, 2024

³⁶⁷ [Insect fatalities at wind turbines as biodiversity sinks](#), Voight 2021

³⁶⁸ [Vibrational noise from wind energy-turbines negatively impacts earthworm abundance](#), Vellila, 2021

évaluer les risques démontre que le Principe Accès au Savoir du développement durable n'est pas appliqué.

Une grande partie de la population n'est pas suffisamment informée pour faire des choix éclairés.

- **Les parties prenantes** ne semblent pas en mesure de fournir des **études justifiant les distances séparatrices adoptées dans les RCI et les schémas d'aménagement et de développement** pour une protection des populations rurales, des ressources d'eau souterraines, des sols agricoles, ni de garantir l'absence de risques directs ou indirects pour la santé.
- Selon l'OMS et l'INSPQ, plus d'études sont nécessaires; cependant, étant donné la rapidité du déploiement des projets éoliens qui font l'objet des appels d'offres, ce ne sera pas possible.
- **Qui sera responsable ?** La recherche indépendante et les nombreuses plaintes sont la preuve des impacts qu'on ne peut pas nier.

L'attitude actuelle des différents élus.e.s dans les MRC semble en rupture avec l'application du Principe de Précaution : on se trouve dans une situation de déni. Les élu.e.s ont l'obligation de rechercher l'information dans le but d'appliquer la prudence en vue de protéger l'intérêt public.

Un moratoire et un BAPE générique pour plus d'évaluation et d'expertise seraient requis.

Le rapport *Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density (2023)* financé par, le *US Department of Energy/Wind Energy Technologies Office* en collaboration avec les fabricants GE, Vestas et Siemens Gamesa, cité précédemment, met en évidence la nécessité et l'urgence d'une meilleure analyse des projets éoliens³⁶⁹.

« **Les impacts sonores potentiels** des futures éoliennes industrielles et des futurs aménagements d'installations sont donc directement liés à la **rapidité d'exécution des projets** de parc éolien et au succès de l'émission des permis locaux, influencés par l'opposition de la communauté. »

« **Les fardeaux locaux** peuvent inclure des impacts économiques, par exemple des impacts négatifs sur la valeur des propriétés, une augmentation des inégalités de richesse, ou des impacts sensoriels, par exemple le bruit, la visibilité ou le scintillement des ombres. »

Si, en 2015, 163 experts de l'industrie des centres de recherche et développement du département de l'énergie américaines prévoient une évolution des éoliennes passant de 2 MW en 2015 à **3,25 MW en 2030**, on peut conclure que 163 experts se sont trompés³⁷⁰. Compte tenu de la rapidité de l'évolution des

³⁶⁹ [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#), Hoen & als, 2023

³⁷⁰ [The Future of Wind Energy, Part 3: Reducing Wind Energy Costs through Increased Turbine Size: Is the Sky the Limit?](#), Berkely Lab, 2016

éoliennes et de leur déploiement prévu à travers le Québec, on pourra se questionner sur les prévisions des risques réels pour les riverains et l'environnement, ainsi que sur les principes du développement durable.

L'étude de 2017 d'Evans mentionne d'ailleurs dans sa conclusion :

« La santé publique est-elle devenue trop utilitariste? Toutes les données disponibles indiquent qu'une minorité importante d'habitants locaux est gravement affectée par le bruit émis par les parcs éoliens situés trop près de leurs habitations. Ce degré de dommages collatéraux est trop important pour être accepté en termes d'utilitarisme. La santé publique doit appliquer le principe de précaution et conserver autant d'indépendance que possible vis-à-vis du gouvernement dans l'évaluation des effets des politiques nationales sur la santé. La santé et les droits des citoyens vivant en milieu rural sont tout aussi importants que ceux du reste de la société. En fait, en ce qui concerne l'énergie éolienne, le bénéfice global est assez modeste et l'effet négatif sur la santé des personnes est loin d'être négligeable. Il est essentiel d'augmenter les distances de séparation entre les habitations humaines et les éoliennes³⁷¹. »

Pour un développement durable, l'application du principe de précaution devient donc évident et impératif et implique de ne pas reporter la mise en œuvre de mesures afin d'éviter que se réalise un dommage grave et irréversible à l'environnement (et la santé) même si la réalisation de ce dommage demeure incertaine :

« En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement³⁷². »

³⁷¹ [Environmental Noise Pollution: Has Public Health Become too Utilitarian?](#) Evans 2017

³⁷² [Principe de précaution et principe de prévention: quelle est la différence?](#) - CQDE - Ensemble, pour un droit au service de l'environnement

ADDENDA

1. -Éoliennes de grande taille et satellites

Bien que pas reliés à la santé, mais à considérer parmi les angles morts possibles en milieu habitée et agricole ,notons aussi les interférences documentées des éoliennes de grande taille (150m+) avec les satellites, nécessaires pour les données météo, agricole, navigation, aviation,sécurité transmission de données . Voici quelques liens :

Gouvernement du Canada

[Interférence des éoliennes avec les radars météorologiques : aperçu - Canada.ca](#)

<https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/conditions-meteorologiques-ressources-outils-generaux/aperçu-radars/cartes-visibilite-canada.html#toc1>

[Lignes directrices concernant l'emplacement des éoliennes et des radars météorologiques - Canada.ca](#)

[La puissance des satellites au service des cultivateurs canadiens](#)

[L'agriculture au temps des satellites | Agence spatiale canadienne](#)

Gouvernement de l'Allemagne

[Effect of wind farms on radar and navigation systems - energieforschung.de](#)

2. -Le potentiel éolien dans le sud du Québec pourrait diminuer

« Il est important de noter que les régions ayant les plus grands marchés pour l'énergie éolienne devraient connaître des changements substantiels dans les ressources éoliennes en raison du changement climatique. En Amérique du Nord, les projections éoliennes dans le scénario d'émissions élevées prévoient une diminution ininterrompue de la densité de puissance

éolienne, atteignant ~15 % à la fin du siècle actuel (Fig. 3). Cela se traduirait par un taux de variation annualisé d'environ -0,2 %, si l'on pouvait supposer une évolution linéaire. **Ce déclin mondial de la densité de puissance éolienne est particulièrement intense dans des zones spécifiques : le Québec au Canada (40 %) et les Grandes Plaines aux États-Unis (25 %).** En revanche, des augmentations de la densité de puissance éolienne (~20 %) sont prévues dans la baie d'Hudson et le passage du Nord – une extension de la croissance générale des ressources éoliennes dans les régions polaires. D'autres régions où des augmentations de la densité de puissance éolienne (jusqu'à 30 %) sont prévues se trouvent dans les tropiques (Amérique centrale et mer des Caraïbes). »

[Global wind energy resources decline under climate change.](#)

Selon les prévisions par modélisation, les ressources mondiales en énergie éolienne peuvent diminuer sous l'effet du changement climatique. Il faut attendre plus d'analyses pour être en mesure de conclure, mais on peut retenir que le sud du Québec semble un mauvais endroit pour implanter des éoliennes à long terme, et la partie plus au nord, Baie d'Hudson serait plus favorable. Ce sont des études à suivre.

11. ANNEXES

11.1 ANNEXE A

[Borex /Projet Éolien Arthabaska / Dépliant informations au public](#)

« Niveau sonore, apparence et vibrations

Qu'en est-il du niveau sonore des éoliennes ?

D'abord, il faut savoir qu'au Québec, la réglementation en cours fixe le niveau sonore maximal acceptable en milieu rural à 40 dBA la nuit, et à 45 dBA le jour, ce qui équivaut au bruit ambiant d'une bibliothèque. À titre d'information, « dB » est le symbole du décibel et « dBA », le symbole du décibel A, la mesure du niveau sonore perçu par l'oreille humaine.

Pour les projets éoliens, le niveau sonore est fixé à 40 dBA en tout temps. Le projet à l'étude présentement se conformera sans mal à ces normes, d'autant que les éoliennes utilisées aujourd'hui sont plus silencieuses qu'elles ne l'ont jamais été.

Il y a aussi le fait que lorsqu'une éolienne se retrouve dans le paysage d'une résidence, elle en est éloignée d'au moins 700 mètres. Il faut mentionner également que l'impact sonore des éoliennes est désormais modélisable à l'aide de logiciels, ce qui permet d'optimiser leur performance à ce chapitre tout en minimisant les impacts environnementaux.

Une dernière chose. L'impact sonore du projet sera évalué lors de l'étude d'impact. La conception du projet, donc la localisation des éoliennes, tiendra compte de ces résultats enregistrés et le projet sera ajusté afin d'assurer le respect des normes applicables. Des suivis seront également réalisés lors de la phase d'exploitation.

Quels seront les impacts visuels du projet sur les résidences et les municipalités avoisinantes ?

Ce sont les simulations visuelles et l'analyse paysagère à réaliser dans le cadre de l'étude d'impact du projet qui permettront d'en avoir une juste idée et d'appliquer, s'il y a lieu, les mesures d'atténuation nécessaires.

Quel est l'impact des éoliennes sur le paysage ?

L'impact sur le paysage est le plus subjectif des éléments dans un dossier de parc éolien. Certaines personnes apprécieront, comme en témoignent les nombreuses visites touristiques dans les parcs existants au Québec. D'autres mentionneront que, pour elles, les éoliennes se fondent dans le décor. D'autres, encore, diront qu'elles s'y sont habituées et si elles continuent de les voir, si elles n'y voient pas d'atteinte significative au paysage. Et d'autres enfin peuvent être profondément contrariées. Bref, c'est une affaire de goût, de perception et d'intérêt.

Les éoliennes émettent-elles des vibrations ?

Selon le rapport d'un comité d'experts étudié lors des audiences du BAPE d'un projet éolien en Montérégie, les vibrations des éoliennes transmises par le sol sont trop faibles pour être détectées par les humains et pour avoir des effets sur leur santé.

Qu'est-ce que l'effet stroboscopique ?

Un effet stroboscopique se produit quand les pales d'une éolienne en activité s'interposent entre le soleil et une zone habitée. Le passage des lames produit une ombre « clignotante ». Ces périodes de très courte durée dépendent du moment de la journée, de la direction du vent et de la saison. Avec une bonne planification et des modèles informatiques, on peut déterminer où se produit l'e et stroboscopique et comment s'y prendre pour le réduire au minimum selon la position sur le terrain et en relation avec les zones périphériques habitées et non habitées.

Est-ce que le parc éolien pourrait nuire au drainage des sols et des champs ?

Les infrastructures d'un parc (chemins, fondations, sous-station, etc.) sont construites conformément à la réglementation assurant un drainage de la surface. C'est pourquoi une surveillance agronomique est assurée pendant la durée des travaux de construction et qu'un suivi par des agronomes est fait pendant la période d'exploitation. Si jamais un drain devait être endommagé ou s'il y avait des enjeux liés au drainage des sols, Boralex s'occuperait du dédommagement ou de remettre les drains à niveau. »

11.2 ANNEXE B

TES Canada/Projet Mauricie

« Est-ce que les éoliennes affecteront la santé des communautés environnantes?

Le Scientifique en chef du Québec est clair rien dans la littérature scientifique ne permet de conclure à un lien entre la présence d'éoliennes et des impacts sur la santé. Le Scientifique en chef s'appuie notamment sur des études de Santé Canada, de l'Institut national de santé publique du Québec et de l'Académie nationale de médecine de France.

L'utilisation d'éoliennes pour produire de l'électricité renouvelable est répandue mondialement. Les normes d'implantation bien définies font en sorte que ces équipements sont sécuritaires.

Certains avancent l'idée que les turbines produisent des ondes électromagnétiques nocives, ce qui est faux. D'ailleurs, les éoliennes produisent généralement moins d'ondes électromagnétiques que les appareils électroniques d'une maison « typique ». En ce qui a trait au climat sonore, les éoliennes produisent un son ayant un volume équivalent à un réfrigérateur à une distance de 500 mètres et qui diminue plus la distance augmente. »

11.3 ANNEXE C

Communiqué de presse 40 médecins

« Une quarantaine de médecins pressent le gouvernement du Québec de cesser l'implantation d'éoliennes industrielles en milieu habité »

Victoriaville, le 8 février 2011 - À la lumière de récentes études, plus de 40 médecins du Centre-du-Québec pressent le Gouvernement du Québec d'éviter d'installer en milieu habité des éoliennes industrielles atteignant une hauteur de 472 pieds. Ils en viennent à la conclusion que les impacts sur la santé sont réels et qu'une distance séparatrice minimale est nécessaire pour la protection des résidents vivant à proximité des éoliennes de grande taille. C'est donc en s'appuyant de la loi sur le développement durable et particulièrement sur le principe de précaution que les médecins formulent leur demande, Cette pétition a été lancée par Terre citoyenne. Les médecins signataires actuels œuvrent principalement dans la MRC d'Arthabaska et la MRC de l'Érable. Ce regroupement s'est assuré de présenter aux médecins signataires des études récentes au sujet des impacts des sons et des infrasons sur la santé et la qualité de vie des gens vivant à proximité d'éoliennes industrielles comme on veut en installer un peu partout au Québec.

Dans la MRC de L'Érable où un projet d'implantation de 50 éoliennes est à l'étude, l'Agence de la santé et des services sociaux de la Mauricie et du Centre-du-Québec a recommandé une distance minimale de 800 à 1000 mètres entre les éoliennes et les résidences. Pourtant la localisation de plusieurs éoliennes ne rencontre pas cette recommandation.

Bien qu'on installe des éoliennes en milieu habité depuis plusieurs années au Québec, nous ne disposons toujours pas de normes rigoureuses qui permettent de dicter des balises claires sur ce qu'est une norme acceptable de bruit spécifique aux éoliennes, à la base des troubles du sommeil qui engendrent plusieurs problèmes de santé. De même sur la façon de réaliser des études de propagation des sons et infrasons selon la région où un projet est envisagé.

Plusieurs études récentes américaines, européennes et australiennes relèvent une série de symptômes apparaissant chez des personnes vivant à moins de 2 km d'éoliennes industrielles : le syndrome éolien (stress, irritabilité, maux de tête, étourdissement, trouble du sommeil, déficit d'attention et de mémoire, acouphènes, fatigue et démotivation) est maintenant reconnu par la communauté scientifique. Les impacts psycho-sociaux, apportés par les projets éoliens en milieu habité, sont aussi la cause de plusieurs effets négatifs sur la santé et la qualité de vie des personnes

Parmi les signataires, Linda Bernier, médecin spécialiste en oto-rhino-laryngologie de Victoriaville s'est aussi penchée sur ces études et conclut : « Il n'y a aucun doute dans mon esprit que les effets néfastes décrits existent réellement. Il faudra beaucoup de mobilisation des différents groupes ainsi que des cliniciens et des fondamentalistes afin de faire avancer les recherches... ».

Cette question de santé publique impose donc au gouvernement du Québec d'y accorder le plus grand intérêt. Les meilleurs et les plus nombreux (90-95%) gisements éoliens du Québec se retrouvent au pays des grands barrages dans le Nord du Québec, soit en région non habitée. »

Source : <https://www.lezard.com/communiqu-629302.html>

11.4 ANNEXE D

[Leading Edge erosion and pollution from wind turbine blades](#), Solberg & als, pdf, 2021

11.5 ANNEXE E

[HYDROGEOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PROPOSED APEX WIND FACILITY PROJECT AREA IN CHOWAN COUNTY, NORTH CAROLINA](#), Pamela C. Dodds, Ph.D., pdf, 2016

11.6 ANNEXE F

[Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), Nguyen & als, 2022, [pdf entier via PCENY](#)

11.7 ANNEXE G

[Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits influencing factors, and their development](#), Alamir & als, pdf, 2021, [pdf entier via PCENY](#)

11.8 ANNEXE H

Jean-Louis REMOUIT, [pdf via PCENY](#)

11.9 ANNEXE I

[Multi-input model uncertainty analysis for long-range wind farm noise predictions](#), Nguyen & als, 2023, [pdf entier via PCENY](#)

11.10 ANNEXES 1, 2, 3, 4 ET 5

Annexes 1 2 3 4 5 documents pdf additionnels complets 305 pages, qu'on peut se procurer via le lien suivant: <https://drive.google.com/drive/folders/1kWJmwCWRCLXSysUKC3AoVifKOY35ettO>

- Annexe 1:** [Health Canada's Wind Turbine Noise and Health Study—A Review Exploring Research Challenges, Methods, Limitations and Uncertainties of Some of the Findings / Étude sur le bruit et la santé des éoliennes de Santé Canada —Un examen explorant les défis de recherche, les méthodes, les limites et les incertitudes de certains résultats](#)
pages 2 à 55
- Annexe 2:** [Wind turbines and adverse health effects: Applying Bradford Hill's criteria for causation/ Les éoliennes et les effets néfastes sur la santé : application des critères de causalité de Bradford Hill, Anne Dumbrille, Robert Mc Murtry et Carmen Krog, 2021, voir pdf](#)
pages 56 à 122
- Annexe 3:** [Wind Turbine Noise and Human Health: A Four-Decade History of Evidence that Wind Turbines Pose Risks / Le bruit des éoliennes et la santé humaine : une histoire de quatre décennies de preuves montrant que les éoliennes présentent des risques, Jerry L. Punch, Richard R. James /](#)
pages 123 à 268
- Annexe 4:** [Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound / Effets du bruit des éoliennes industrielles sur la santé : comment l'oreille et le cerveau traitent les infrasons, Jerry Punch and Richard James](#)
pages 269 à 276
- Annexe 5:** [Annexe B, Résumé des principaux indicateurs pour décrire l'exposition au bruit](#)
[pages 181, 183, 187-188-189](#)
[Annexe C, Tableau C-8 Valeurs guides de l'OMS pour le bruit environnemental par environnement spécifique page 194](#)
[Les impacts sur la santé du déploiement de parcs éoliens au Québec, Katrine Desautels LaPresse Canadienne, 20 avril 2024](#)
[Les éoliennes sont-elles mauvaises pour la santé? Matthieu Max-Gessler, Initiative de journalisme local, 21 mai 2024](#)
[Un dialogue de sourds au sujet des infrasons, Félix Lajoie, Le Soleil, 21 mai 2024](#)
pages 277 à 298

12. SOURCES

Sites internet:

- [Jerry Punch | Michigan State University College of Communication Arts and Sciences \(msu.edu\)](#)
- [The Evidence: Adverse Health Effects of Industrial Wind Turbines | Jerry Punch | | Richard James | \[hearinghealthmatters.org/hearingviews/\]\(http://hearinghealthmatters.org/hearingviews/\)](#)
- [Robert W. Rand, Member ASA, INCE \(Member Emeritus\)](#)
- [Nina Pierpont, MD, PhD | Behavioral Pediatrics & Adult Psychiatry and Psychotherapy](#)
- [Maurice Dusseault, PEng](#), Professor, Engineering Geology
- [Stephen Cooper](#), SLEEP-DISTURBANCE-WIND-STEPHEN-COOPER

- [INSPQ Éoliennes et santé publique : mise à jour 2023](#)
- [Avis sur une politique québécoise de lutte au bruit environnemental : pour des environnements sonores sains | Institut national de santé publique du Québec \(inspq.qc.ca\)](#)
- [Scientifique en chef du Québec, détecteur de rumeurs, 4 mythes sur les éoliennes](#)
- [Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la Région européenne](#)
- [Effects of land-based wind turbine upsizing on community sound levels and power and energy density](#)
- ["Wind Turbine Syndrome:" Audiologist Letter to the Ohio Power Siting Board](#), Audiologist Jerry Punch PhD public comments Seneca Wind, 2019
- [Acoustics and Biological Structures](#), Mariana Alves-Pereira, Bruce Rapley, Huub Bakker and Rachel Summers, 2018
- [Wind Turbine Noise and Health Study: Summary of Results](#), Gouvernement du Canada
- [Pour un choix éclairé dans Nicolet-Yamaska](#), consulté le 9 mars 2024
- [CCA / CAC Compréhension des données : Bruits des éoliennes](#), consulté le 9 mars 2024
- [Wind farms and groundwater impacts](#), consulté le 9 mars 2024
- [Diagnostiquer les patients subissant les effets néfastes des éoliennes industrielles sur la santé](#), consulté le 9 mars 2024
- [L'Alberta impose des restrictions aux énergies renouvelables](#), consulté 9 mars 2024
- [\(Ottawa\) L'Alberta, riche en pétrole et en gaz, a annoncé mercredi imposer des règles très strictes concernant les nouveaux projets d'énergies renouvelables, jugées « peu fiables ».](#)
- [Le principe de précaution: agir pour empêcher une conséquence possible](#), consulté le 9 mars 2024
- [Les éoliennes industrielles et leurs effets néfastes sur la santé](#), consulté le 9 mars 2024
- [Library from Ontario](#), consulté le 9 mars 2024
- [MRC Arthabaska Les vrais affaires à propos des éoliennes](#), consulté le 9 mars 2024
- [MRC Nicolet-Yamaska Dossier éolien](#), consulté le 9 mars 2024
- [Effets néfastes des éoliennes industrielles sur la santé](#), consulté le 9 mars 2024
- [Éoliennes : maisons libérées/abandonnées – Exploration des descriptions des participants sur leurs opinions personnelles, leurs effets sur la sûreté, la sécurité, la confiance et la justice sociale](#), consulté 9 mars 2024
- [21 articles évalués par des pairs sur les effets néfastes du bruit des éoliennes sur la santé](#), consulté 9 mars 2024
- [Exposition au bruit et effets sur la santé et la sécurité](#), INSPQ
- [Recherche des Impacts du Bruit éolien sur l'Humain : son, perception, santé \(RIBEoIH\)](#), ANR
- [Nationa Library of medecine](#), NIH
- [Effet sur la santé des infrasons provenant de parcs éoliens](#), AtkinsRéalisis, 2 février 2024
- [Effets du bruit des éoliennes sur la santé : mythe ou réalité ? | Cerema](#), 13 mars 2023
- [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), Colin Hansen & Kistry Hansen, 20 mars 2020

- [Projet d'aménagement du Parc Éolien Montérégie](#), 2010
- [Projet éolien Des Neiges – Secteur sud dans la MRC de La Côte-de-Beaupré](#), Hans Moreau DM 34 et DM 34.1, février 2024, DM 33 Rachel Falhman
[Régistre des évaluations environnementales, Parc éolien Des Cultures](#),
- [PR5.2 - ÉNERGIE RENOUVELABLE DES CULTURES S.E.C. Réponses aux questions et commentaires du 20 février 2019, mars 2019,242 pages.](#) (Publié le 2019-04-04)
- [PR9 - AUTEURS MULTIPLES. Avis des experts, février 2020, 24 pages.](#) (Publié le 2020-07-07)
- [PR13.6 - ÉNERGIE RENOUVELABLE DES CULTURES S.E.C. Suivi environnemental 2023 - Faune avienne et chauves-souris an 2, février 2024, 42 pages.](#) (Publié le 2024-02-06)
- [Enercon E-126 6.0 EP8-turbine fiche technique 6 MW](#), Deutsche Windtechnik, consulté le 2024 09 24
- [Régistre des évaluations environnementales, Projet éolien des Neiges-secteur sud.](#)
- [Assessment of low-frequency noise from wind turbine in Maastricht](#), Henrik Moller, Aalborg University Denmark, 10 Avril 2012
- [Bienvenue à wind-turbine-models.com](#), consulté le 2024 09 24
- [Studies on the Experimental Measurement of the Low-frequency Aerodynamic Noise of large Wind Turbines](#), 28 mars 2024
- [Low frequency sound from wind turbines affects the inner ear – WashU Medicine](#)
- [The Down Side to Wind Power/Harvard University Center for the Environment](#), 4 octobre 2018
- [United States produces more crude oil than any country ever](#), 11 mars 2024
- [Registre des évaluations environnementales, Parc éolien Des Cultures](#), consulté le 2024 09 24
- [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#), consulté le 2024 09 24
- [Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound | Jerry Punch and Richard James \(hearinghealthmatters.org\)](#), 18 Novembre 2014
- [Régistre des évaluations environnementales, Projet éolien des Neiges-secteur sud.](#)
- [Bienvenue à wind-turbine-models.com](#)
- [Studies on the Experimental Measurement of the Low-frequency Aerodynamic Noise of large Wind Turbines](#), 28 mars 2024
- [The Down Side to Wind Power/Harvard University Center for the Environment](#), 4 octobre 2018
- [United States produces more crude oil than any country ever](#), 11 mars 2024
- [Registre des évaluations environnementales, Parc éolien Des Cultures](#)
- [Recent Advances in Wind Turbine Noise Research](#)
- [Low frequency sound from wind turbines affects the inner ear – WashU Medicine](#)
- [Health Effects of Industrial Wind Turbine Noise: How the Ear and Brain Process Infrasound | Jerry Punch and Richard James \(hearinghealthmatters.org\)](#), 18 Novembre 2014
- [Sensing but Not Hearing : The Problem of Wind Turbine Noise](#), février 2018
- [Prévoir l'Impact du Bruit des Éoliennes: un projet de recherche ANR piloté par le Cerema | Cerema](#)

- [Wind Turbine Incident/Complaint Reports in Ontario, 2019](#)
- [Noise \(who.int\)](#), 2010
- **[The impacts of wind power on terrestrial mammals, 2012](#)**
- [Bovins de boucherie - Agri-Réseau | Documents | Page 1 \(agrireseau.net\)](#)
- [Prévoir l'Impact du Bruit des Éoliennes: un projet de recherche ANR piloté par le Cerema | Cerema](#)
[The impact of wind turbines on groundwater in Ontario community](#), 2023
- [The effect of unsteady flow on wind turbine wake development and noise generation](#), [Sedaghatizadeh, Nima](#), 2018
- [Questions Réponses sur l'Énergie éolienne](#), UMQ/Nergica, 1.5 pdf p.2
- [L'Éolien a-t-il un impact sur les animaux d'élevage?](#)
- [L'impact des champs électromagnétiques sur la santé des animaux d'élevage - Sénat \(senat.fr\)](#), 2021
- [Étude sur l'impact des ondes électromagnétiques en élevage bovin \(web-agri.fr\)](#), 2023
- [Audible thumping from wind farms can travel up to 3.5 km](#), Kristy L. Hansen, Phuc Nguyen, Branko Zajamšek, Peter Catcheside, Colin H. Hansen
- [Long-term quantification and characterisation of wind farm noise amplitude modulation](#), 2021
- [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range_locations](#), 2022
- [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), 2019
- [Wind Farm Noise—Modulation of the Amplitude \(mdpi.com\)](#), 2021
- [Low-Frequency noise and its main effects on human health- a review of the literature between 2016 and 2019](#), 2020
- [Wind farm noise-modulation of the amplitude](#), by Steven Cooper, 2021
- [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), 2022
- [Prevalence of wind farm amplitude modulation at long-range residential locations](#), 2019
- [Prospective challenges in the experimentation of the rain erosion on the landing edge of wind turbine blades](#), 2018
- [Leading edge erosion of wind turbine blades: Understanding, prevention and protection](#), 2021
- [Radar-derived precipitation climatology for wind turbine blade leading edge erosion](#), 2020
- [Prospective challenges in the experimentation of the rain erosion on the leading edge of wind turbines blades](#), 2020
- [Leading edge erosion of wind turbines: Effect of solid airborne particles and rain on operational wind farms](#), 2020
- **[EPOXY RESINS IN WIND ENERGY APPLICATIONS](#)**
- [Effets potentiels des PFAS sur la santé | Institut national de santé publique du Québec](#), 2024
- [Determination of Acoustic Compliance of Wind Farm](#), 2020
- [Audibility of wind farm infrasound and amplitude modulated tonal noise at long-range locations](#), 2022

- [Meilleures pratiques d'aménagement pour prévenir les effets du bruit environnemental sur la santé et la qualité de vie](#), INSPQ pdf p.12, 2018
- [Infrasound Exposure: Hight-Resolution Measurements Near Wind Power Plants](#), 2022
- [Innergex, Énergie éolienne](#), 2024

Vidéos:

- La Semaine Verte Agriculture et énergie: alliées ou ennemies? Épisode du samedi 18 novembre 2023, <https://ici.radio-canada.ca/tele/la-semaine-verte/site/episodes/838211/episode-du-samedi-18-novembre-2023>, visionné le 9 mars 2024
- Conférence avec Mariana Ales-Pereira PCENY, Éoliennes, infrasons et bruits de basse fréquence, <https://www.youtube.com/watch?v=94T0xGxGlac>, visionné le 9 mars 2024
- [Health Impacts of Industrial Wind-Dr. Jerry Punch, youtube](#), visionné le 9 mars 2024
- [Health Impacts of Industrial Wind-Rob Rand \(youtube.com\)](#), Rob Rand, ASA, INCI, visionné le 28 juin 2024
- DOWNWIND - Wind Farm documentary, <https://www.youtube.com/watch?v=55-jBCjtJ88>, visionné le 9 mars 2024
- Éoliennes : du rêve aux réalités, <https://documentaire-et-verite.com/eoliennes/>, visionné le 9 mars 2024
- [Infrasound effects on inner ear and activation of the brain. \(youtube.com\)](#), Professor Alec Salt, visionné le 9 mars 2024