

Montréal, 23 octobre 2015

Madame Lynda Carrier
Bureau d'audiences publiques sur l'environnement
Édifice Lomer-Gouin
575, rue Saint-Amable, bureau 2.10
Québec (Québec) G1R 6A6

Objet : Dépôt du document – Explication sur le bruit aérodynamique d'une éolienne

Madame,

Par la présente, je souhaite déposer le document demandé lors de la 3^{ème} séance de la première partie des audiences publiques sur le projet de parc éolien Mont Sainte-Marguerite, le 21 octobre 2015. Tel que demandé, vous trouverez ci-joint dix (10) exemplaires d'un extrait du document, « Le Son des Éoliennes et ses Répercussions sur la Santé », Colby et Al., Juin 2010, expliquant le bruit aérodynamique d'une éolienne. Le fichier électronique vous a également été transmis à l'adresse suivante lynda.carrier@bape.gouv.qc.ca le 23 octobre 2015.

La Section 3.1.3, pp. 3-3 à 3-5, à l'extrait du document ci-joint, décrit le son produit par les éoliennes. Elle décrit notamment les mécanismes atmosphériques qui sont à la source du bruit aérodynamique, tel que demandé lors de la séance.

En espérant le tout conforme aux attentes de la commission, je vous prie de recevoir, Madame, mes plus sincères salutations,



Viviane Maraghi

Directrice du développement, RES Canada
Au nom de Parc éolien Mont Sainte-Marguerite S.E.C.

Le son des éoliennes et ses répercussions sur la santé Examen d'un comité d'experts

Préparé par (en ordre alphabétique) :

W. David Colby, M.D.

Robert Dobie, M.D.

Geoff Leventhall, Ph.D.

David M. Lipscomb, Ph.D.

Robert J. McCunney, M.D.

Michael T. Seilo, Ph.D.

Bo Søndergaard, M.Sc.

Préparé pour :

L'American Wind Energy Association

et

L'Association canadienne de l'énergie éolienne

juin 2010

TABLEAU 3-1
NIVEAUX DE PRESSION ACOUSTIQUE TYPES MESURÉS DANS
L'ENVIRONNEMENT ET L'INDUSTRIE

| Source de bruit à une distance donnée | Niveau acoustique pondéré A en décibels | Description qualitative |
|--|---|-------------------------|
| Studio de radiodiffusion/d'enregistrement | 20 | |
| | 10 | À peine audible |

Adapté du tableau E, « Assessing and Mitigating Noise Impacts », NY DEC, février 2001.

Le tableau 3-1 présente les niveaux de pression acoustique associés à diverses activités courantes. Généralement, les niveaux de pression acoustique de l'environnement et du milieu de travail sont mesurés en décibels selon une échelle pondérée A (dBA). L'échelle pondérée A désaccentue les éléments du son à très basse et à très haute fréquence, un peu comme le fait l'oreille humaine pour la courbe de résonance. À des fins de comparaison, le son d'une éolienne à une distance de 1 000 à 2 000 pieds est généralement entre 40 et 50 dBA.

Dans la section 3.2, on discute des effets de l'exposition au son d'une éolienne. La section 3.3 traite des possibles effets nocifs de l'exposition au son et ses répercussions sur la santé.

3.1.3 Le son produit par les éoliennes

Le son des éoliennes provient soit d'un mécanisme de production d'énergie mécanique ou aérodynamique. Les sons mécaniques proviennent de la boîte de vitesses et des mécanismes de commande. On utilise des techniques standard de contrôle du bruit pour réduire les sons mécaniques. Le bruit mécanique n'est généralement pas la source de bruit dominante des éoliennes modernes (sauf pour l'occasionnel son produit par les engrenages).

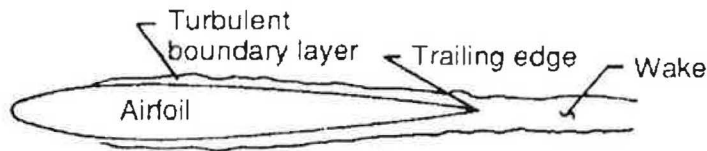
Le bruit aérodynamique est présent à toutes les fréquences, de la plage d'infrasons des sons à basse fréquence jusqu'à la plage audible normale, et constitue la source dominante. Le bruit aérodynamique est produit par plusieurs mécanismes, comme on le décrit ci-après. Le bruit aérodynamique tend à être modulé dans la plage de fréquences intermédiaire, soit environ entre 500 et 1 000 Hz.

Le bruit aérodynamique est produit par la rotation des pales de l'éolienne dans l'air. Une pale d'éolienne a la forme d'une surface portante, cette dernière consistant simplement en une structure dont la forme produit une force de sustentation lorsque l'air passe au-dessus. Initialement mise au point pour les avions, la forme de la surface portante a été adaptée afin de fournir la force de rotation aux éoliennes en utilisant une forme qui permet à l'air de se déplacer plus rapidement au-dessus de la surface portante qu'en dessous. Le design optimise l'efficacité en minimisant la turbulence, ce qui produit la traînée et le bruit. Une pale efficace en ce qui a trait à l'aérodynamisme est silencieuse.

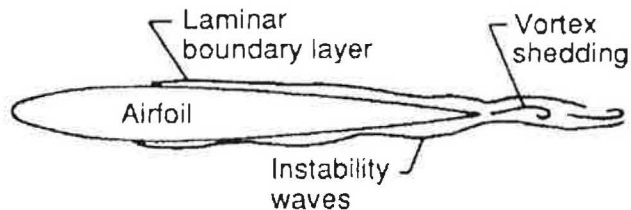
Le bruit aérodynamique des éoliennes est causé par l'interaction de la pale d'éolienne avec la turbulence produite qui y est à la fois adjacente (couche limite turbulente) et dans son sillage proche (voir la figure 3-1) (Brooks et coll., 1989). La turbulence varie selon la vitesse du déplacement de la pale dans l'air. Une pale de 100 mètres de diamètre qui fait une rotation aux trois secondes a une vitesse à sa pointe d'un peu plus de 100 mètres à la

seconde. Cependant, la vitesse diminue lorsqu'on se rapproche du centre de rotation (le moyeu de l'éolienne). Les principaux facteurs déterminants de la turbulence sont la vitesse de la pale, ainsi que la forme et les dimensions de sa section transversale.

FIGURE 3-1
Son produit par le passage du vent sur la pale d'éolienne



Turbulent-boundary-layer—trailing-edge noise



Laminar-boundary-layer—vortex-shedding noise

Les conclusions suivantes découlent des conditions de passage du vent indiquées à la figure 3-1 (Brooks et coll., 1989) :

- À une vitesse élevée pour une pale donnée, des couches limites turbulentes se forment sur une grande partie de la surface portante. Le son est produit lorsque la couche limite turbulente passe sur le bord de fuite.
- À une vitesse plus faible, il se forme principalement des couches limites laminares, ce qui donne un décollement de tourbillons au bord de fuite.

Parmi les autres facteurs de production du bruit aérodynamique, il y a ce qui suit :

- Lorsque l'angle d'attaque n'est pas de zéro — autrement dit, si la pale a un angle par rapport au vent — il peut se produire un décollement de l'écoulement sur l'extrados près du bord de fuite, ce qui produit le son.
- À un angle d'attaque élevé, il peut se produire un décollement à grande échelle dans des conditions de décrochage, ce qui donne la propagation de sons à basse fréquence.
- Un bord de fuite arrondi donne un décollement de tourbillons et du bruit additionnel.
- Le tourbillon au bout des pales donne un écoulement hautement turbulent.

Chacun des facteurs ci-dessus peut faire en sorte qu'une éolienne produit du bruit. Après avoir pris des mesures à l'emplacement de la source de son des éoliennes, on a constaté que

le son dominant est produit le long de la pale – plus près du bout que du moyeu. Il est possible de diminuer le son de turbulence en modifiant la forme de la surface portante et en faisant un bon entretien. Par exemple, les aspérités à la surface qui sont dues aux dommages ou à l'accrétion de matériel supplémentaire risquent d'augmenter le bruit.

Il a été démontré que le bruit aérodynamique est produit à des niveaux plus élevés lors du mouvement de la pale vers le bas (c.-à-d. la position 3 heures). Ceci donne une augmentation de niveau environ une fois à la seconde pour une éolienne type à trois pales. Cette augmentation de niveau périodique est aussi ce qu'on appelle la modulation d'amplitude et, comme on le décrit ci-dessus pour une éolienne type, la fréquence de modulation est de 1 Hz (une fois à la seconde). Autrement dit, le niveau sonore augmente et diminue une fois à la seconde. On ne comprend pas complètement l'origine de cette modulation d'amplitude. On pensait auparavant que la modulation était due au passage de la pale devant la tour (étant donné que la tour nuit à l'écoulement d'air), mais on pense maintenant qu'elle est liée à la différence de vitesse du vent entre le haut et le bas d'une pale en rotation et à la directivité du bruit aérodynamique (Oerlemans et Schepers, 2009).

Autrement dit, le résultat de la modulation aérodynamique est une fluctuation perceptible du niveau sonore d'environ une fois à la seconde. Le contenu de fréquence de ce son fluctuant est généralement entre 500 Hz et 1 000 Hz, mais peut se produire à des fréquences plus élevées ou plus basses. Cela signifie que des niveaux de pression acoustique se situant approximativement entre 500 et 1 000 Hz augmenteront et diminueront environ une fois à la seconde. Il faut prendre note, toutefois, que la magnitude de la modulation d'amplitude constatée lorsqu'on est sous une tour ne se manifeste pas toujours à des distances de séparation supérieures. Une étude réalisée au Royaume-Uni (R.-U.) a aussi démontré que seulement quatre des près de 130 parcs éoliens avaient un problème de modulation aérodynamique et on a réussi à le régler pour trois d'entre eux (Moorhouse et coll., 2007).

En plus du niveau acoustique produit par les éoliennes, des facteurs environnementaux peuvent avoir des incidences sur le niveau perçu à des endroits plus éloignés. Par exemple, l'air chaud près du sol fait monter le son des éoliennes vers le haut, loin du sol, ce qui donne un niveau sonore moindre, tandis que l'air chaud lors d'une inversion de température peut pousser le son vers le sol, ce qui donne un niveau sonore accru. Le vent peut aussi donner un niveau sonore plus élevé en aval de l'éolienne – c'est-à-dire si le vent souffle de la source au récepteur – ou plus bas, si le vent souffle du récepteur à la source. La plupart des techniques de modélisation, lorsqu'elles sont adéquatement mises en application, tiennent compte des conditions modérées d'inversion et sous le vent. L'atténuation (réduction) du bruit peut aussi être influencée par les obstacles, les conditions à la surface du sol, les buissons et les arbres, entre autres.

Les prévisions de niveau sonore à diverses distances de l'éolienne reposent sur le niveau de puissance acoustique de l'éolienne. Ces niveaux de puissance acoustique des éoliennes sont établis à l'aide de méthodes de mesure normalisées.

3.1.4 Mesure du son et essai audiométrique

Un sonomètre est un outil standard qu'on utilise pour mesurer le niveau de pression acoustique. Comme on le décrit à la section 3.1.2, l'unité standard du niveau de pression acoustique (c.-à-d. le volume) est le décibel (dB) et l'unité standard utilisée pour décrire la hauteur tonale ou la fréquence est le hertz (Hz – cycles par seconde). Un sonomètre peut utiliser un filtre de pondération A pour ajuster certaines plages de fréquences (celles que